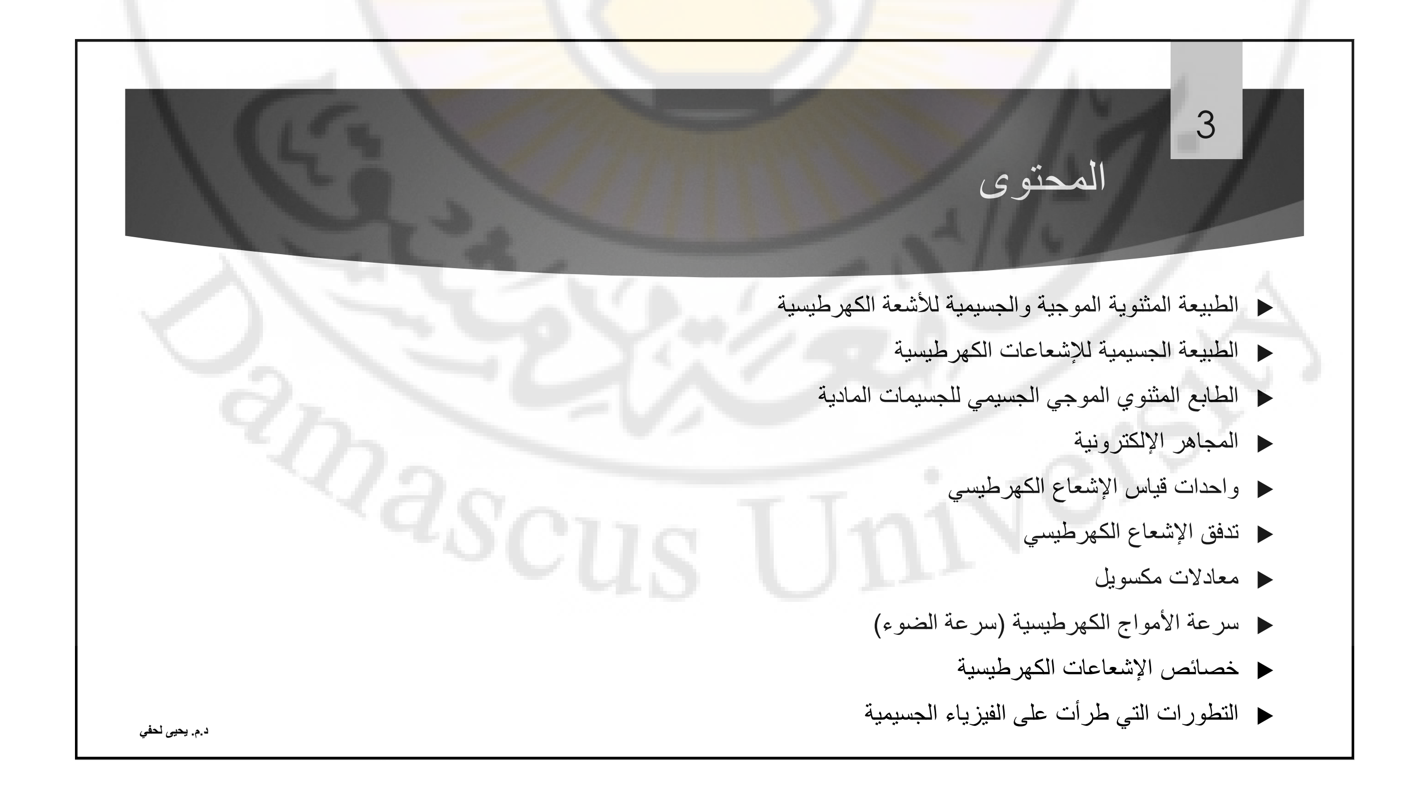
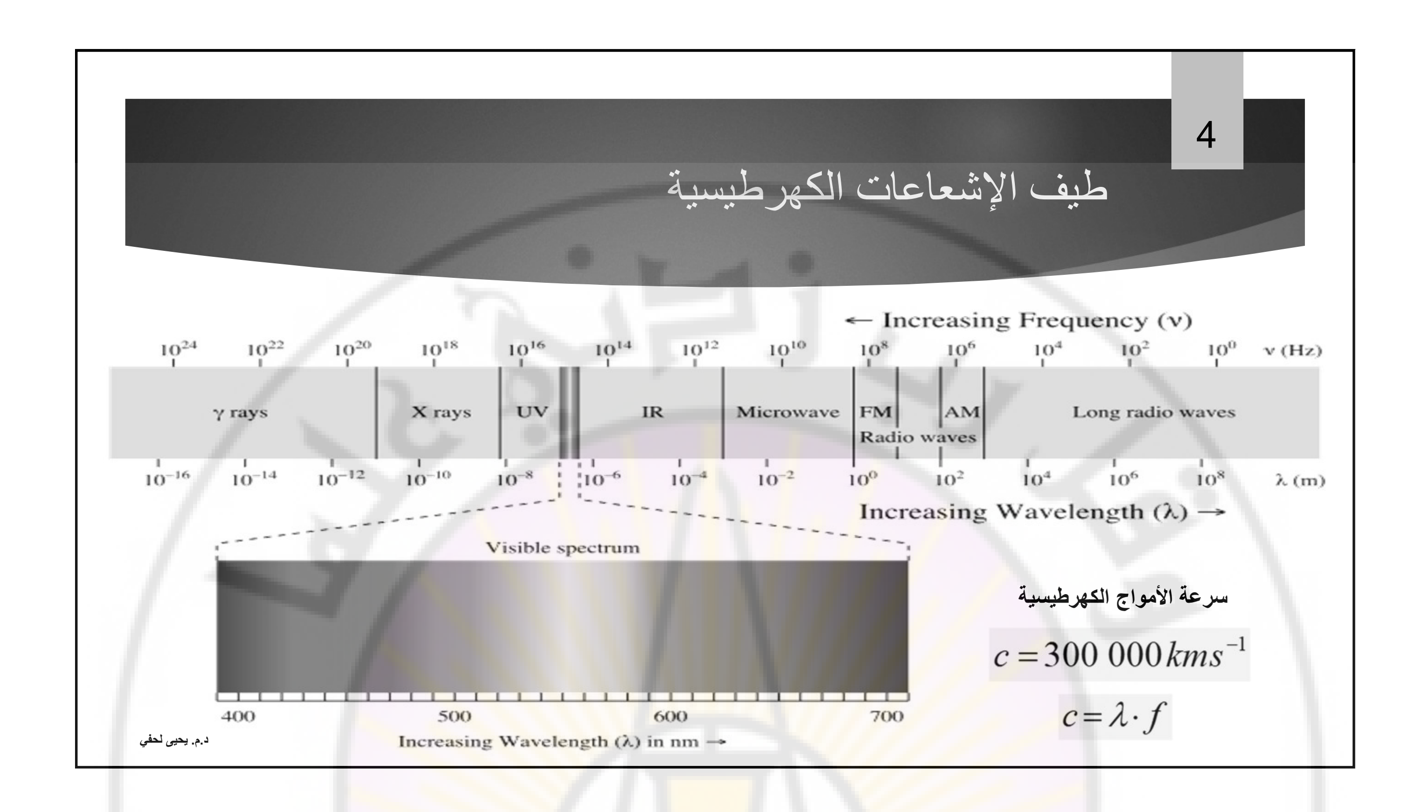

كلية العلوم الصحية
Damascus University
الأشعة الكهرطيسية
الدكتور المهندس يحيى لحفي
2022-2021


3
المحتوى
الطبيعة المثنوية الموجية والجسيمية للأشعة الكهرطيسية
الطبيعة الجسيمية للإشعاعات الكهرطيسية
الطابع المثنوي الموجي الجسيمي للجسيمات المادية
المجاهر الإلكترونية
واحدات قياس الإشعاع الكهرطيسي
تدفق الإشعاع الكهرطيسي
معادلات مكسويل
سرعة الأمواج الكهرطيسية (سرعة الضوء)
خصائص الإشعاعات الكهرطيسية
التطورات التي طرأت على الفيزياء الجسيمية
د.م. يحيى لحفي


4
طيف الإشعاعات الكهرطيسية
← Increasing Frequency (ν)
10^{24} 10^{22} 10^{20} 10^{18} 10^{16} 10^{14} 10^{12} 10^{10} 10^{8} 10^{6} 10^{4} 10^{2} 10^{0} ν (Hz)
γ rays
X rays
UV
IR
Microwave
FM
AM
Radio waves
Long radio waves
10^{-16} 10^{-14} 10^{-12} 10^{-10} 10^{-8} 10^{-6} 10^{-4} 10^{-2} 10^{0} 10^{2} 10^{4} 10^{6} 10^{8} λ (m)
Increasing Wavelength (λ) →
Visible spectrum
400 500 600 700
Increasing Wavelength (λ) in nm →
سرعة الأمواج الكهرطيسية
$c = 300\,000\, kms^{-1}$
$c = \lambda \cdot f$
د.م. يحيى لحفي


5
الطبيعة المثنوية الموجية والجسيمية للأشعة الكهرطيسية
الطبيعة الجسيمية
الطبيعة الموجية
د.م. يحيى لحفي

6

الطبيعة المثنوية الموجية والجسيمية للأشعة الكهرطيسية

- الجسيم:
  - يتمركز في موضع معين في لحظة معينة
  - له خصائص محددة: كتلة – سرعة – طاقة....
  - من ظواهرها: التصادم
- الموجة:
  - ليست متمركزة في نقطة معينة عند لحظة معينة
  - تتميز بتواترها وطولها الموجي
  - طاقتها موزعة في الفضاء وليست محصورة في مكان محدد
  - من ظواهرها: التداخل والانعراج
- تصدر الأمواج الكهرطيسية عند تسارع الجسيمات المشحونة، وتكون سرعة انتشارها تساوي سرعة الضوء
- يمكن تمثيل الإشعاع وفقاً للطبيعة الموجية على شكل موجة كهرطيسية تنتشر في الخلاء في خط مستقيم وبسرعة الضوء

د.م. يحيى لحفي

7

العلاقة بين الطبيعة الموجية للإشعاعات الكهرطيسية وطبيعتها الجسيمية

- بحسب فرضية بلانك الكمية:
  - لا تكون طاقة الإشعاعات الكهرطيسية عبارة عن كميات متصلة أو مستمرة بل إنها مكماة تصدر على شكل كميات صغيرة تدعى كم quantum ويطلق عليها اسم الفوتون.
  - يسلك الفوتون سلوك الجسيمات المادية عند تفاعله مع إلكترونات المادة.
  - ترتبط طاقة الكم الواحد بتواتر الإشعاع الكهرطيسي بالعلاقة: $E_{\min} = hf$

حيث ***h*** هو ثابت بلانك ويساوي إلى ($h=6.626\times10^{-34}$ Joul.s)

  - تكون طاقة فوتونات الأشعة الكهرطيسية مضاعفات صحيحة للكمية hf

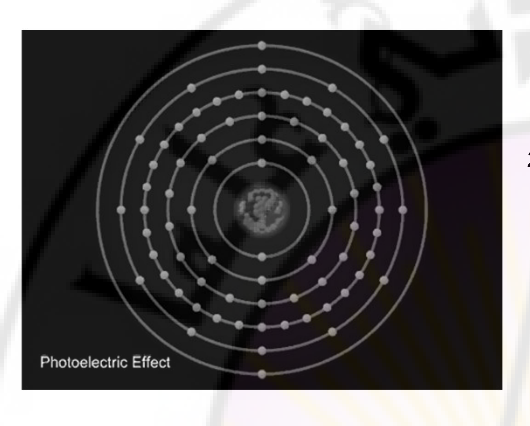
$$E_n = nhf$$

د.م. يحيى لحفي

8

العلاقة بين الطبيعتين الموجية والجسيمية للإشعاعات الكهرطيسية

- تمكن آينشتاين بالاعتماد على نظرية بلانك من تفسير المفعول الكهرضوئي حيث يشبه تفاعل الفوتونات مع الكترونات المادة بالتصادم بين الجسيمات.
- عندما يمتص الالكترون فوتوناً كاملاً، فإذا كانت طاقة هذا الفوتون أكبر من طاقة التأيين أو مساوية لها فإن الالكترون يتحرر من المادة.
- تزداد طاقة الفوتون بازدياد تواتره.
- نسمي أصغر قيمة للتواتر الكافي لتحرير الالكترون بالتواتر الحرج f_0 وتدعى طاقة الفوتون عندها بطاقة التأين.



د.م. يحيى لحفي

9

الطبيعة الجسيمية للإشعاعات الكهرطيسية

- أكدت تجارب انتثار الأشعة السينية بمفعول كومبتون النظرية الجسيمية للإشعاع
- يكون تواتر الأشعة المنتثرة ذات تواتر أخفض قليلاً من تواتر الأشعة الساقطة

Compton Effect

10

مفعول كومبتون

- طاقة الفوتون $E = hf = hc / \lambda$
- اندفاع الفوتون (كمية الحركة) $p = E / c$

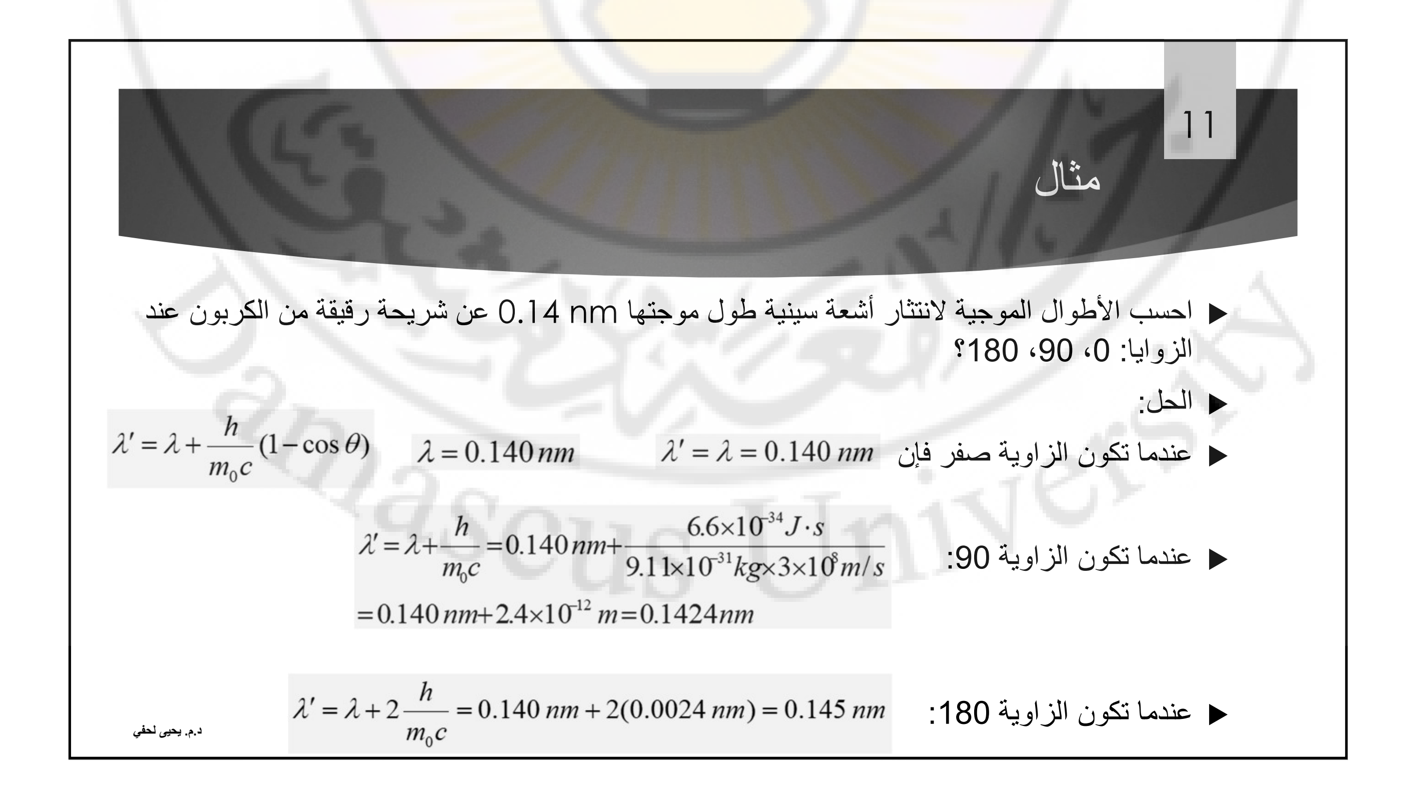
$$p = hf / c = h / \lambda$$

- الاندفاع وفق النظرية التقليدية $p = mc$
- بالمساواة بين علاقتي الاندفاع التقليدية والفوتونية نجد كتلة الفوتون $m = h / \lambda c$
- بتطبيق قوانين انحفاظ الطاقة والاندفاع، اشتق كومبتون المعادلة التالية لحساب طول موجة الأشعة المتناثرة

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_0 c}(1 - \cos \theta)$$

- ويدعى المقدار $h / m_0 c$ بطول موجة كومبتون (m_0 الكتلة السكونية للإلكترون) ويساوي إلى **0.0024 nm**

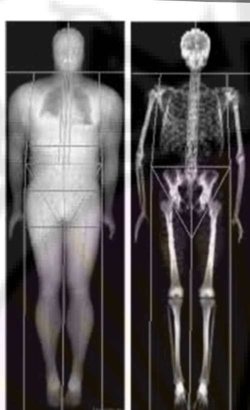
د.م. يحيى لحفي



12

الاستخدامات الطبية لمفعول كومبتون

- يستخدم مفعول كومبتون في تشخيص مرض هشاشة العظام
- تنتثر الأشعة السينية عن ذرات الكالسيوم الموجودة في العظام
- تتناسب الشدة الكلية للإشعاع المنتثر مع الكثافة العظمية
- تدل التغيرات في كثافة العظام على هشاشة العظام





د.م. يحيى لحفي

13

الطابع المثنوي الموجي الجسيمي للجسيمات المادية

- اقترح الفيزيائي الفرنسي دوبروي أن للمادة أيضاً طبيعة موجية بالإضافة إلى طبيعتها الجسيمية.
- اندفاع الطبيعة الموجية $p = h / \lambda$
- بالمبادلة بين موقعي الطول الموجي والاندفاع $\lambda = h / p = h / m v$ وتدعى بطول موجة دوبريه
- ينخفض الطول الموجي الذي يرافق الإلكترونات المسرعة كلما ازدادت سرعتها
- وجد تجريبياً أن الطول الموجي للإلكترونات التي تتحرك بالسرعة $5.9x10^6$ m/s يكون من مرتبة واحد انغستروم $1A=10^{-10}$ m وهو من مرتبة البعد بين الذرات في بلورة معينة.
- أدت فكرة الطبيعة الموجية للإلكترونات إلى تصميم المجاهر الالكترونية ذات التكبير العالي نظراً لقصر الطول الموجي للإلكترونات مقارنة بالطول الموجي للضوء المرئي في المجاهر الضوئية.

د.م. يحيى لحفي

14

المجاهر الإلكترونية

- تقدر أصغر مسافة من الجسم يمكن تمييزها بالمجهر الضوئي (وتدعى بمقدرة الفصل) بنصف طول موجة الضوء
- يمكن للمجهر الضوئي أن يميز مسافات تقدر بنحو 200nm (طول موجة الضوء 400nm).
- يمكن زيادة مقدرة الفصل باستخدام ضوء فوق بنفسجي (طول موجة أقصر من 200nm)
- من أجل زيادة مقدرة الفصل يمكن بسهولة جعل الطول الموجي المرافق للإلكترونات المسرعة (بواسطة فرق جهد كهربائي مقداره 37.4V) نحو (0.2nm).
- تتحدد المقدرة الفاصلة في المجاهر الالكترونية بالعدسات الكهرطيسية المستخدمة في التحكم بحزمة الالكترونات وتشكيل الصورة.

د.م. يحيى لحفي

15

المجاهر الإلكترونية

- Transmission Electron Microscope (TEM)
- تعبر حزمة الكترونات العينة فتنتثر عنها
- يعاد تجميع الالكترونات في نقطة على شاشة بعدسة مغناطيسية لتشكل خيال حقيقي للعينة
- يستخدم فقط في العينات الرقيقة والتي لا تزيد عن 100nm (حتى لا تتخامد الالكترونات في العينة)
- مقرة الفصل تصل حتى 0.2nm

- Scanning Electron Microscope (SEM)
- تجميع حزمة إلكترونات في نقطة على العينة
- تعمل على اخراج الكترونات ثانوية من العينة والتي تجمع بواسطة كاشف وتعد وتلقم للحاسب
- يتم مسح العينة عن طريق حرف حزمة الالكترونات الأولية بواسطة سلسلة من الملفات الكهربائية.
- مقدرة الفصل نحو 10nm
- لا يحتاج إلى عينات رقيقة

- Scanning Tunneling microscope (STM)
- يعتمد على مفعول العبور النفقي للالكترونات
- يولد فرق كمون (10 mV) بين رأس مدبب دقيق جداً (بشكل مثالي لا يتضمن إلا ذرة واحدة) وسطح العينة تبعد مسافة نانومترية وضمن جو من الخلاء
- تجتاز الالكترونات حاجز الكمون بالعبور النفقي
- يولد صورة لتضاريس السطوح

د.م. يحيى لحفي





صورة بمجهر المفعول النفقي الماسح لسياج كمومي مكون من 48 ذرة من الحديد، قطره 7.13nm على سطح رقاقة من النحاس، يحتبس الإلكترونات داخله، فتظهر الموجة الإلكترونية المستقرة داخل السياج.

د.م. يحيى لحفي

18

واحدات قياس الإشعاع الكهرطيسي

- لا يمكن التعبير عن طاقة الجسيمات الذرية بالجول نظرا لصغرها
- تستخدم واحدة الالكترون- فولت وهي الطاقة الحركية التي يكتسبها الالكترون المسرع في حقل كهربائي يولده فرق جهد كهربائي مقداره فولت واحد **$1eV=1.6x10^{-19}$ Joul**
- تستخدم مضاعفات الالكترون-فولت:

الكيلو الكترون فولت **$1KeV=10^3$ eV**

الميغا الكترون فولت **$1MeV=10^6$ eV=1000 KeV**

الجيغا الكترون فولت **$1GeV=10^9$ eV=1000 MeV**

- يستخدم الالكترون فولت للتعبير عن طاقة الجسيمات غير المشحونة أيضاً وكذلك الفوتونات

د.م. يحيى لحفي

19

العلاقة بين الطبيعتين الموجية والجسيمية للإشعاعات الكهرطيسية

- إذا كان تواتر الضوء *f* وطول موجته λ فإنه: $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$

$$(1eV = 1.6\times10^{-19} Joul) \qquad (1A^\circ = 10^{-10} m)$$

$$E(eV) = \frac{hc}{\lambda 10^{+10} A^\circ .10^{-10} .1.6\times10^{-19}} \Rightarrow E(eV) = \frac{12400}{\lambda(A^\circ)}$$

د.م. يحيى لحفي

20

العلاقة بين الطبيعتين الموجية والجسيمية للإشعاعات الكهرطيسية

$$E(eV) = \frac{12400}{\lambda(A^\circ)}$$

- أمثلة: احسب طاقة الفوتونات ذات الأطوال الموجية التالية: 1 A°, 1 nm, 10 nm, 1μm, 10μm

$$\lambda = 1A^\circ \Rightarrow E(eV) = \frac{12400}{1(A^\circ)} = 12400eV$$

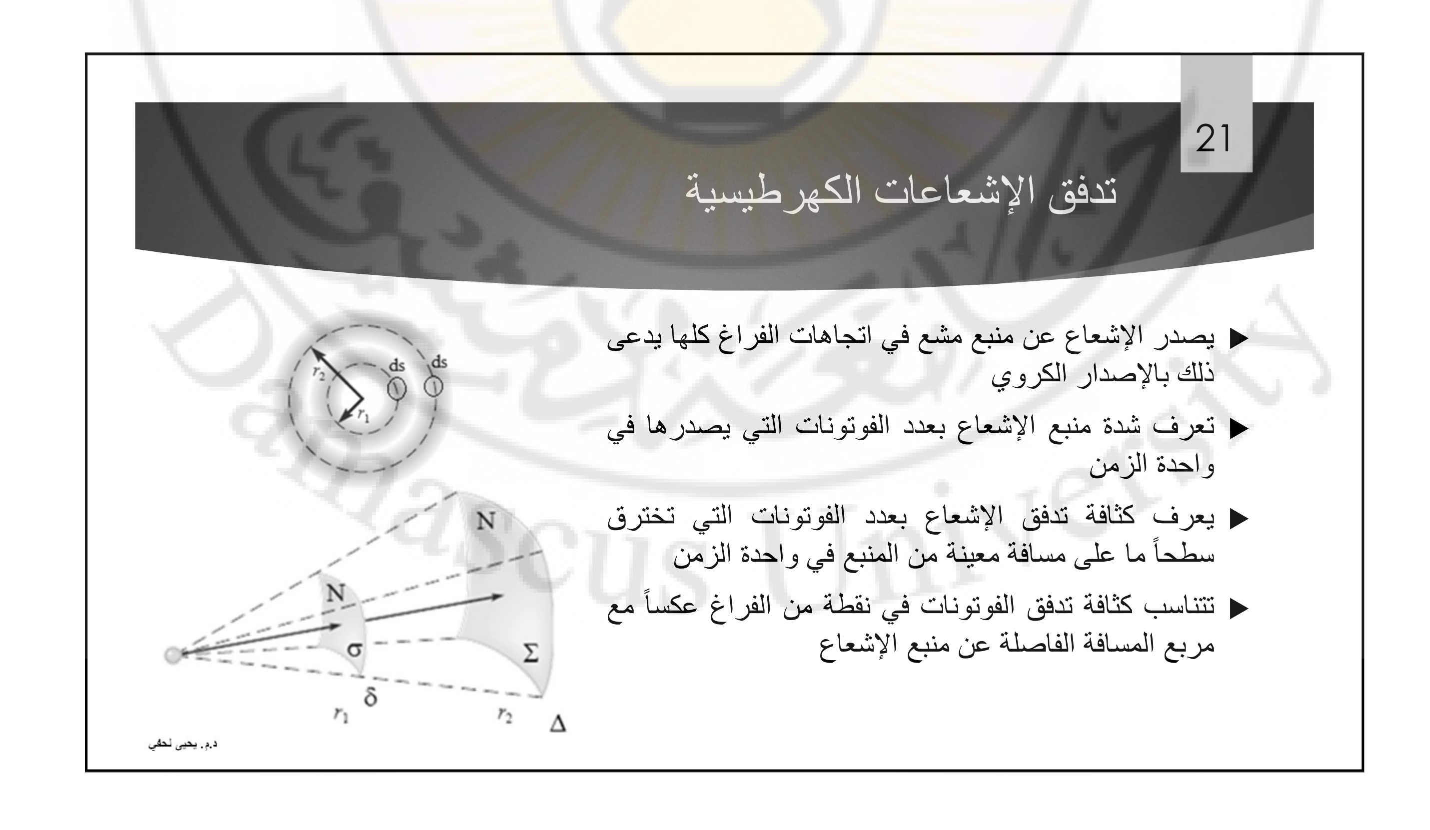
$$\lambda = 1\mu m \Rightarrow E(eV) = \frac{12400}{10000(A^\circ)} = 1.24eV$$

$$\lambda = 1nm \Rightarrow E(eV) = \frac{12400}{10(A^\circ)} = 1240eV$$

$$\lambda = 10\mu m \Rightarrow E(eV) = \frac{12400}{100000(A^\circ)} = 0.124eV$$

$$\lambda = 10nm \Rightarrow E(eV) = \frac{12400}{100(A^\circ)} = 124eV$$

د.م. يحيى لحفي



22

معادلات مكسويل

- جمعت معادلات مكسويل جميع القوانين الكهربائية والمغناطيسية المعروفة حتى عهد مكسويل بصورة موجزة:
  - الشحنة الثابتة تولد حقلاً كهربائياً،
  - الشحنة المتحركة بسرعة معينة تولد حقلين: كهربائياً ومغنطيسياً.
  - الشحنة المسرَّعة فتولد حقلين كهربائياً ومغنطيسياً متغيرين يشكلان الأمواج الكهرطيسية.
- إذا اهتزت الشحنة بتواتر f يكون للموجة الكهرطيسية الناتجة التواتر نفسه.
- إذا توقفت الشحنة عن الاهتزاز، تكون الموجة الكهرطيسية نبضة (موجة محدودة الأبعاد).
- وبالتالي إذا اهتز ثنائي الأقطاب الكهربائي فإن ذلك يولد حقلاً كهرطيسياً

د.م. يحيى لحفي



24

معادلات مكسويل

- **قانون غاوس:** إن الحقول الكهربائية تبدأ من الشحنات الموجبة وتتوقف في الشحنات السالبة
- **قانون غاوس في المغناطيسية:** لا يوجد أحادي قطب مغناطيسي والمغناطيس له قطبان شمالي وجنوبي، وتشكل خطوط الحقل المغناطيسي حلقات مغلقة دوماً.
- **قانون فاراداي:** يولد تغير الحقل المغناطيسي حقلاً كهربائياً.
- **قانون أمبير- مكسويل:** يولد تغير الحقل الكهربائي حقلاً مغناطيسياً.
- عندما تجمع معادلات مكسويل يكون حلها جيبياً لحقلين كهربائي ومغناطيسي متغيرين بدلالة المكان والزمان ويشكلان الأمواج الكهرطيسية.
- لا يوجد موجة للحقل الكهربائي أو للحقل المغناطيسي على حدا.

د.م. يحيى لحفي

25

الهوائي والأمواج الكهرطيسية

- يؤدي الحقل الكهربائي الموازي لهوائي (ذي القطبين الكهربائي) إلى اهتزاز الإلكترونات في الهوائي وتوليد تيار متناوب AC current فيه.
- أي أنه يجب توجيه الهوائي وفق الحقل الكهربائي للموجة ليكون الاستقبال أعظمياً.
- يوجه الهوائي ذي القطبين المغنطيسي بحيث يمر الحقل المغناطيسي في مستوى الحلقة ويخرج منها، محرضاً فيها تياراً .

د.م. يحيى لحفي

26

سرعة الضوء

- لا تحتاج الأمواج الكهرطيسية إلى وسط مادي لتنتشر فيه، وبالتالي يمكن من خلال معادلات مكسويل حساب سرعة انتشارها في الخلاء كما يلي:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$$

حيث:

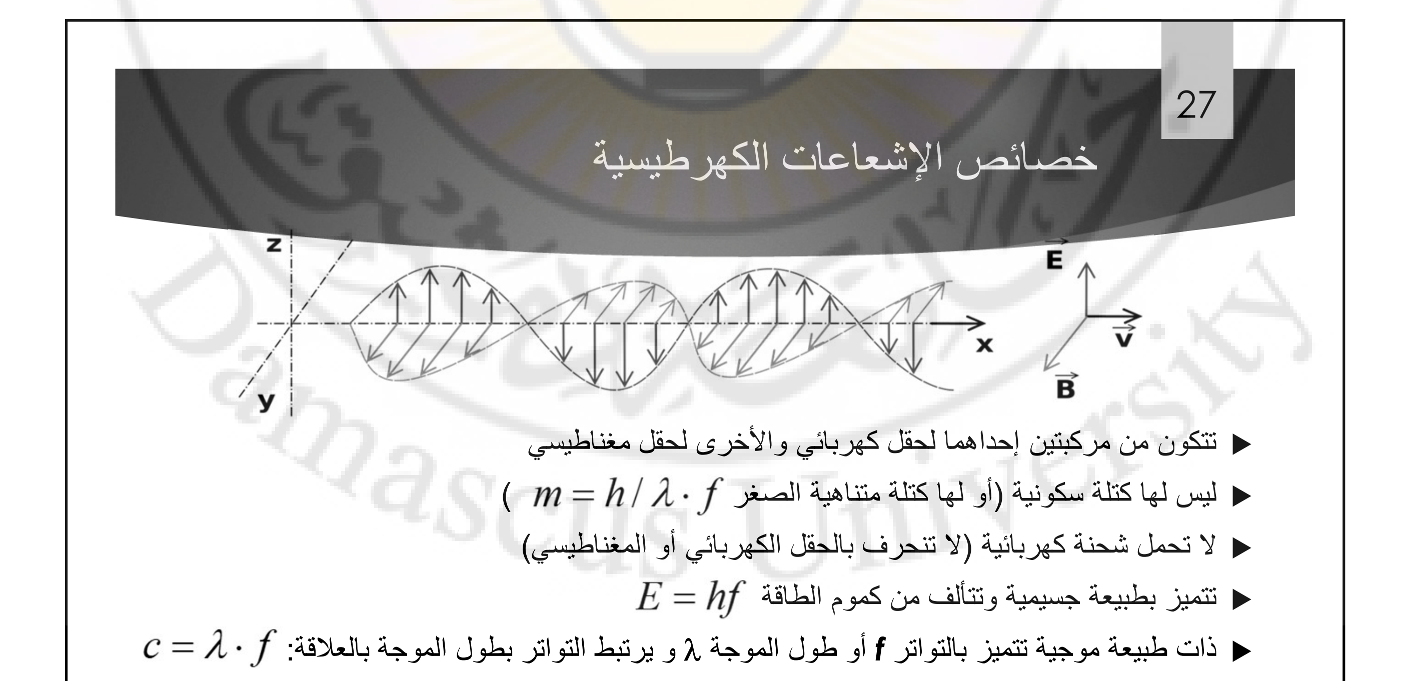
ε_0: سماحية الفضاء الخالي الكهربائية

μ_0: نفوذية الفضاء الخالي المغناطيسية

$$c = \frac{1}{\sqrt{(8.885 \times 10^{-1} \ \frac{C^2}{Nm^2})(4\pi \times 10^{-7} \frac{Tm}{A})}} = 3.00 \times 10^{8} \ \mathrm{m}s^{-1}$$

- عندما ينتشر الضوء في وسط مادي تنخفض سرعته وفق العلاقة: $v = \frac{c}{n}$ حيث n قرينة انكسار الوسط

د.م. يحيى لحفي





29

خصائص الإشعاعات الكهرطيسية

- تنتقل جميع الإشعاعات الكهرطيسية في الخلاء بسرعة الضوء
- يكون للحقلين الكهربائي والمغناطيسي تواتر الاهتزاز نفسه.
- يرتبط الحقلان الكهربائي والمغناطيسي فيما بينهما على النحو:

$$E(x, y, z, t) = cB(x, y, z, t)$$

  - يوجد تناسب طردي بين الحقلين الكهربائي والمغناطيسي.
- الأمواج الكهرطيسية هي أمواج عرضانية.
- يهتز الحقلان الكهربائي والمغناطيسي في اتجاه متعامد مع اتجاه انتشار الموجة.
- تحمل الموجة الكهرطيسية وسطياً نصف طاقتها بحقلها الكهربائي والنصف الآخر بحقلها المغناطيسي.

د.م. يحيى لحفي

30

خصائص الإشعاعات الكهرطيسية

- يتعامد الحقلان الكهربائي والمغناطيسي أحدهما مع الآخر
- يتحدد اتجاه انتشار الأمواج الكهرطيسية بجداء المتجهين $\vec{E} \times \vec{B}$
- يعبر عن الحقل الكهربائي بالعلاقة:

$$E_z(y,t) = E_m \sin(ky - \omega t + \emptyset)$$

حيث: E_m: سعة الحقل الكهربائي

- k: العدد الموجي ويساوي $k = 2\pi/\lambda$
- ω: التواتر الزاوي ويساوي $\omega = 2\pi f$
- ϕ: ثابت الطور

- سرعة انتشار الموجة تساوي إلى: $c = \lambda f = \omega/k$

د.م. يحيى لحفي

31

التطورات التي طرأت على الفيزياء الجسيمية

- القوانين الأساسية:
- أدخلت تصحيحات لورينز النسبوية على الكتلة والطول والزمن في حالة السرعات القريبة من سرعة الضوء
- تتعين كتلة الجسم في السرعات العالية بالعلاقة: $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$
- حيث m الكتلة الحركية عند السرعة v

- الاندفاع النسبوي: هو حاصل ضرب الكتلة الحركية بالسرعة ويعطى بالعلاقة:

$$\vec{p} = m\vec{v} = \frac{m_0 \vec{v}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

د.م. يحيى لحفي

32

التطورات التي طرأت على الفيزياء الجسيمية

- القوانين الأساسية:
  - التكافؤ بين الكتلة والطاقة: تعرف الطاقة الحركية لجسيم متحرك بأنها العمل اللازم لنقل الجسم من حالة السكون إلى الحركة بسرعة معينة:
  - الطاقة السكونية:

$$E_0 = m_0c^2$$

  - الطاقة الحركية:

$$T = mc^2 - m_0c^2 = (m - m_0)c^2$$

  - الطاقة الكلية:

$$E = E_0 + T = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = mc^2$$

د.م. يحيى لحفي

33

التطورات التي طرأت على الفيزياء الجسيمية

- تقاس الكتلة في الفيزياء الجسيمية بواحدة الكتل الذرية atomic mass unit (amu)، وتساوي 1/12 من كتلة ذرة الكربون 12 أي $1/N_{avo}$ من الغرام حيث N_{avo} عدد أفوكادرو، وهو عدد الذرات الحقيقية الموجودة في الذرة الغرامية الواحدة من كل عنصر وقد تم اختياره لتكون الذرة الغرامية للكربون مساوية 12 غراماً تماماً،
- الذرة الغرامية للهدروجين $1.007825\ g$
- الذرة الغرامية للأكسجين $15.99491\ g$
- كتلة ذرة الكربون 12 $12\ amu$

$$1\,amu = 1/N_{avo} = 1/6.06 \times 10^{23}\ g = 1.660240 \times 10^{-24}\ g$$

د.م. يحيى لحفي

34

التطورات التي طرأت على الفيزياء الجسيمية

- يمكن التعبير عن واحدة الكتل الذرية بالإلكترون فولت من خلال العلاقة التي تربط الكتلة بالطاقة:

$$E(J) = m(kg)\,c^2(m^2\sec^{-2}) = 1.66\times10^{-27}\times9\times10^{16} = 14.9\times10^{-11}J$$

$$E = \frac{14.9\times10^{-11}}{1.6\times10^{-19}} = 931.478\ MeV$$

- أي أن: $1\,amu = 931.5\ MeV$

د.م. يحيى لحفي

35

التطورات التي طرأت على الفيزياء الجسيمية

- تقدر كتلة كل من البروتون والنترون بواحدة amu والطاقة المكافئة لهما بما يلي:

$$m_n = 1.00866\ amu \qquad m_n c^2 = 939.550\ MeV$$

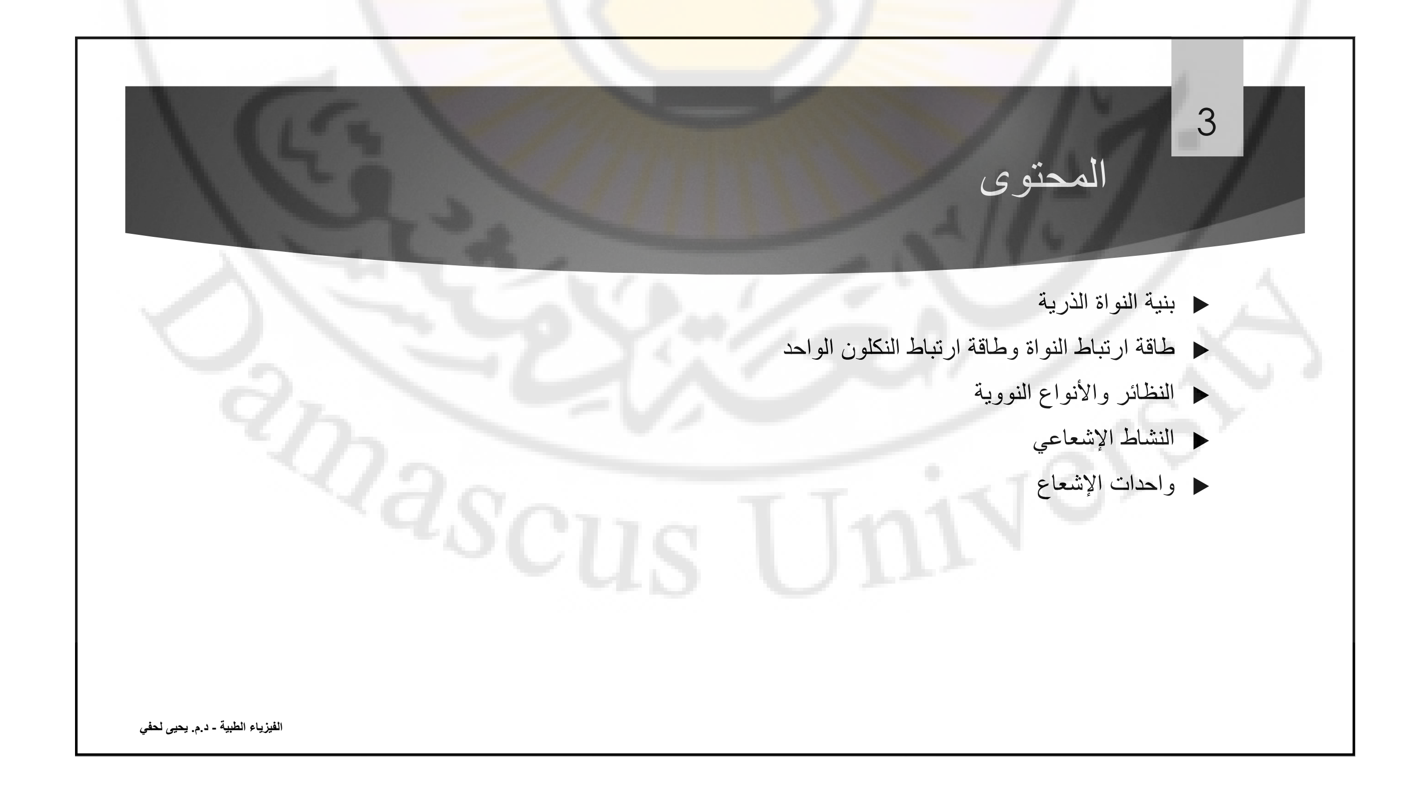
$$m_p = 1.00727\ amu \qquad m_p c^2 = 938.256\ MeV$$

- تكون طاقة النترون أكبر من طاقة البروتون بـ 1.294 MeV نظرا لتفكك النترون

$$n \rightarrow p^+ + e^- + \overline{\nu}$$

د.م. يحيى لحفي


كلية العلوم الصحية
النشاط الإشعاعي وواحداته
الدكتور المهندس يحيى لحفي
2022-2021


3
المحتوى
بنية النواة الذرية
طاقة ارتباط النواة وطاقة ارتباط النكلون الواحد
النظائر والأنواع النووية
النشاط الإشعاعي
واحدات الإشعاع
الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

4

بنية النواة الذرية

- تتكون النواة الذرية من النكليونات: البروتونات والنترونات.
- تكون بعض النوى مستقرة وبعضها الآخر غير مستقر حيث تنشأ عنها ظاهرة النشاط الإشعاعي radioactivity
- تتميز أي نواة:
  - بعدد البروتونات فيها الذي يساوي عدد الإلكترونات في الغمامة الإلكترونية لذرّتها ويساوي العدد الذرّي (Z)،
  - بعددها الكتلي A أو بالعدد الكلي لنكليوناتها، وهو عدد صحيح ويجب تمييزه عن كتلة النواة التي لا تساويه بالضرورة.
  - بعدد النترونات الممكنة $N = A - Z$

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

5

بنية النواة الذرية

- نطلق اسم النكليد Nuclide على نواة عدد بروتوناتها Z، وعدد نتروناتها N، ويمثّل النكليد بالشكل:

$$^{A}_{Z}X$$

- مثال: $^{235}_{92}U$ نواة اليورانيوم تحتوي على 92 بروتون و 143 نترون

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

6

طاقة ارتباط النواة

- يكون العدد الكتلي في حالة الهدروجين A=1 بينما كتلة النواة مقدرة بواحدة الكتل الذرية $M = 1.00759\,amu$ حيث $1\,amu = 931.5\,MeV$
- بفرض أن $m\,(A\,,Z)$ هي كتلة نواة عددها الكتلي A وعدد بروتوناتها Z
- بفرض $M(A,Z)$ تمثل كتلة الذرة
- وبإهمال طاقة ارتباط الالكترونات بالذرة يكون: $M(A,Z) = m(A,Z) + Z \times m_e$
- عندما يجتمع عدد من النكليونات لتشكيل نواة تنخفض طاقتها الكلية بمقدار ΔE
- يتناسب هذا الانخفاض مع مجموع كتل مكوناتها، تعطى طاقة الارتباط الكلية للنواة، وفق العلاقة:

$$E_B = \Delta E = \Delta M\,c^2$$

$$\Delta M = ZM_p + NM_n - M_{nucleus}$$

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

7

طاقة ارتباط النواة

مثال: احسب طاقة ارتباط ذرة الهليوم $M_{He} = 4.001493\ amu$

$$2M_p + 2M_n = 1.007276 \times 2 + 1.008665 \times 2$$

$$= 4.031882\,amu$$

$$\Delta M = 4.031882 - 4.001493$$

$$= 0.030389\ amu$$

باستخدام علاقة آينشتاين $E = mc^2$ يكون:

$$E_B = \Delta E = 0.030389\,amu \times 931.5\,MeV/amu$$

$$= 28.306\,MeV$$

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

8

طاقة ارتباط النكلون الواحد

- من أهم الخصائص المميزة للنواة هي القيمة المتوسطة لارتباط النكلون، أي النسبة بين طاقة ارتباط النواة والعدد الكتلي، وهي القيمة التي تحدد استقرارية النواة.
- تزداد طاقة ارتباط النكليون بسرعة مع تزايد العدد الكتلي A حتى تبلغ قيمة قصوى وقدرها 8.70MeV من أجل A=60، وتهبط بعدها ببطء إلى أن تصل إلى القيمة 7.5 MeV عندما A=240.
- ظاهرة الانشطار النووي: تنقسم النوى ذات العدد الكتلي الكبير A >150 إلى نواتين أو أكثر ذوات أعداد كتلية متوسطة وتكون أكثر استقرارا.
- ظاهرة الاندماج النووي: تتحد نواتان أو أكثر أعدادها الكتلية صغيرة A<20 لتشكل نواة أكبر.
- تكون للنوى التي تحتوي عدداً زوجياً من النترونات يساوي عدد البروتونات طاقة ارتباط عالية وبالتالي تكون أكثر استقرارا

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

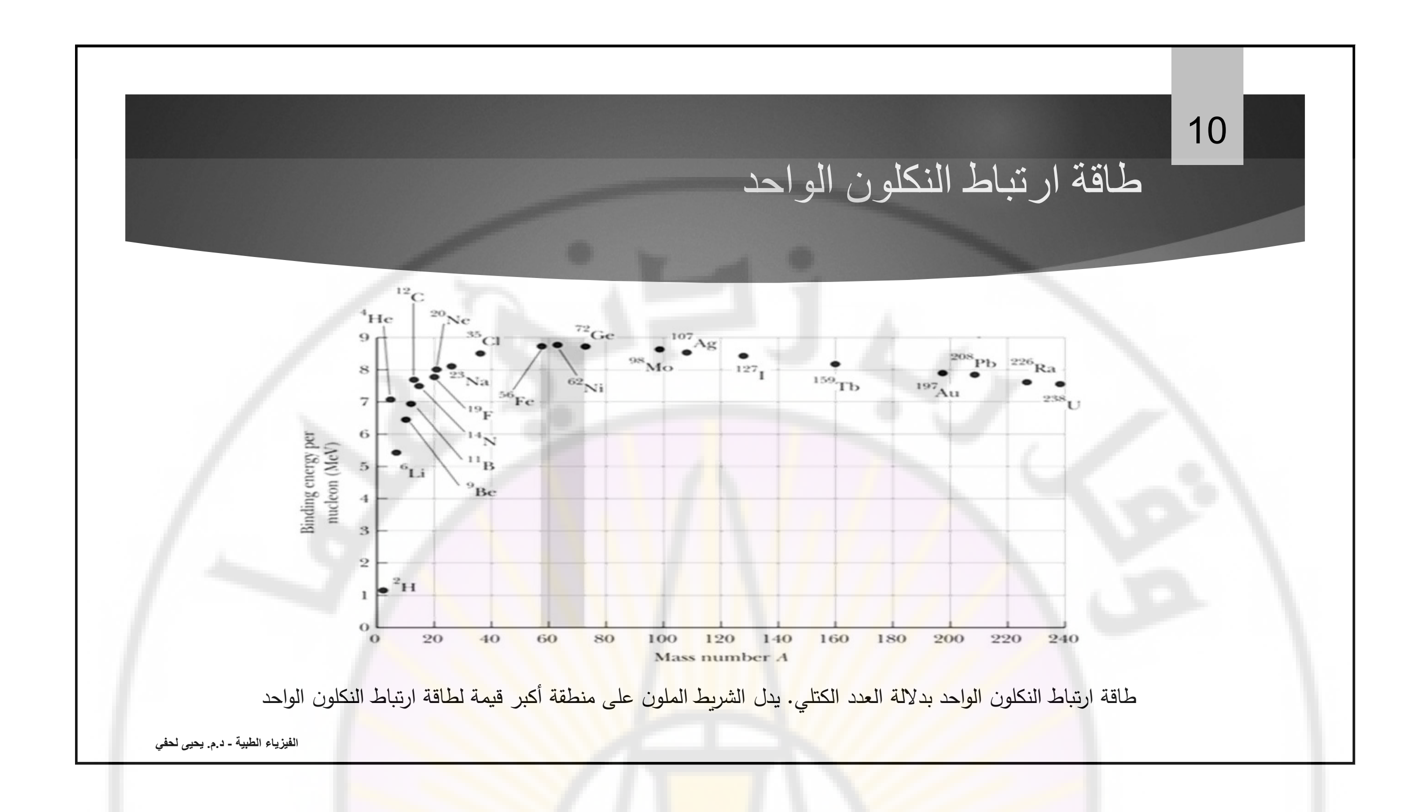
9

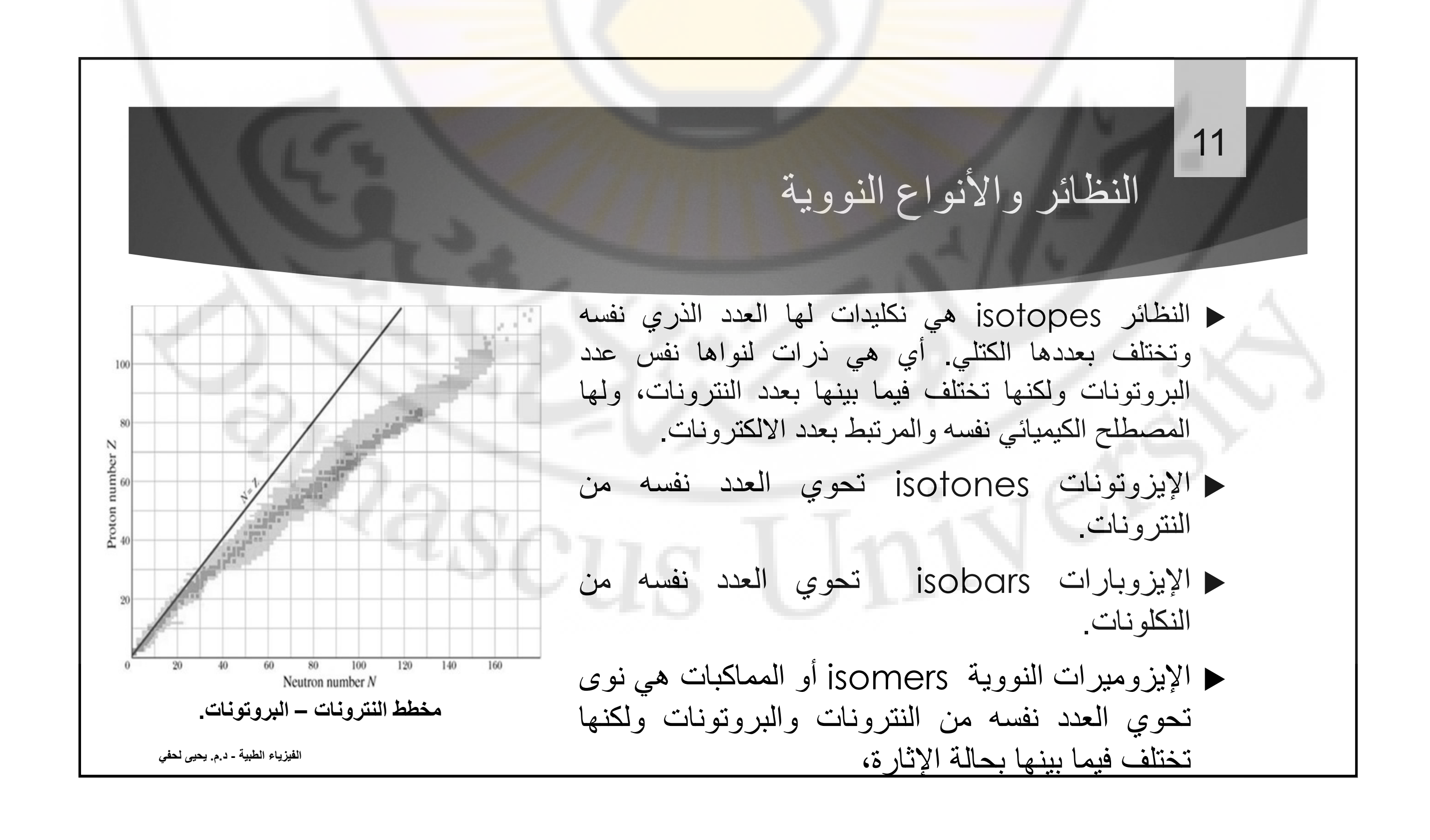
طاقة ارتباط النكلون الواحد

- مثال:

العنصر	$^{2}_{1}H$	$^{3}_{1}H$	$^{3}_{2}He$	$^{4}_{2}He$	$^{238}_{92}U$
طاقة ارتباط النكليون (MeV)	1.09	2.8	2.5	7	7.5

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي


10
طاقة ارتباط النكلون الواحد
Binding energy per nucleon (MeV)
Mass number A
^{4}He
^{12}C
^{20}Ne
^{35}Cl
^{72}Ge
^{107}Ag
^{98}Mo
^{127}I
^{159}Tb
^{197}Au
^{208}Pb
^{226}Ra
^{238}U
^{23}Na
^{19}F
^{14}N
^{11}B
^{9}Be
^{6}Li
^{2}H
^{56}Fe
^{62}Ni
طاقة ارتباط النكلون الواحد بدلالة العدد الكتلي. يدل الشريط الملون على منطقة أكبر قيمة لطاقة ارتباط النكلون الواحد
الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي


11
النظائر والأنواع النووية
Proton number Z
Neutron number N
N = Z
مخطط النترونات – البروتونات.
النظائر isotopes هي نكليدات لها العدد الذري نفسه وتختلف بعددها الكتلي. أي هي ذرات لنواها نفس عدد البروتونات ولكنها تختلف فيما بينها بعدد النترونات، ولها المصطلح الكيميائي نفسه والمرتبط بعدد الالكترونات.
الإيزوتونات isotones تحوي العدد نفسه من النترونات.
الإيزوبارات isobars تحوي العدد نفسه من النكلونات.
الإيزوميرات النووية isomers أو المماكبات هي نوى تحوي العدد نفسه من النترونات والبروتونات ولكنها تختلف فيما بينها بحالة الإثارة،
الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

12

النشاط الإشعاعي

- تتفكك النظائر في حال وجود فائض في عدد النترونات $n \rightarrow \quad p+\beta^{-}+\bar{\nu}$

$$ {}^{14}_{6}C \quad \rightarrow \quad {}^{14}_{7}N+\beta^{-}+\bar{\nu} $$

- في حال وجود فائض في عدد البروتونات يمكن أن تصدر النواة إلكتروناً موجباً (بوزتروناً)

$$ p+energy \rightarrow n+\beta^{+}+\nu $$

$$ {}^{11}_{6}C \quad \rightarrow {}^{11}_{5}B+\beta^{+}+\nu $$

- أو يمكن أن تحدث ظاهرة الأسر الإلكتروني يعقبها إصدار أشعة الفلورة السينية التي تنجم عن إعادة ترتيب الغمامة الإلكترونية

$$ {}^{131}_{55}Cs+e^{-} \quad \rightarrow {}^{131}_{54}Xe $$

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

13

النشاط الإشعاعي

- تصدر النواة جسيم ألفا الذي يمثل نواة الهليوم المكونة من بروتونين ونترونين عندما يكون العدد الكتلي كبيراً:

$$ {}^{226}_{88}Ra \quad \rightarrow {}^{222}Rn+\alpha $$

- في حالة المماكبات isomers تنطوي نوى أحد النظيرين على فائض في طاقتها الداخلية، أي إنها تكون مثارة،

$$ {}^{99m}Tc \quad \rightarrow {}^{99}Tc+\gamma $$

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

14

واحدات الإشعاع

- النشاط الإشعاعي:
  - يقاس النشاط الإشعاعي بواحدة البكريل Bq بحيث يمثل واحد بيكرل تفككاً واحداً بالثانية
  - الكوري Ci وهي الواحدة القديمة للنشاط الإشعاعي وتعبر عن النشاط الإشعاعي لغرام واحد من الراديوم 226 وبحيث أن:

$$1\ Ci = 3.7 \times 10^{10}\ Bq$$

- التعرض الإشعاعي: يعرف التعرض في حالة أشعة غاما وأشعة X بأنه كمية التأين التي تنتجها هذه الأشعة في الهواء. ويقاس بواحدة الرونتجن (R) Roentgen والتي تعبر عن كمية الأشعة (X أو غاما) التي تولد شحنة كهربائية ساكنة واحدة في 1 سم3 من الهواء.
- الجرعة الممتصة (D) Absorbed Dose: هي الطاقة الممتصة (المودعة داخل الوسط) في واحدة الكتلة نتيجة تعرض مادة الوسط لأي نوع من الإشعاع وواحدتها هي الجول في الكيلو غرام (J/kg) وتدعى الغري (Gy).

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

15

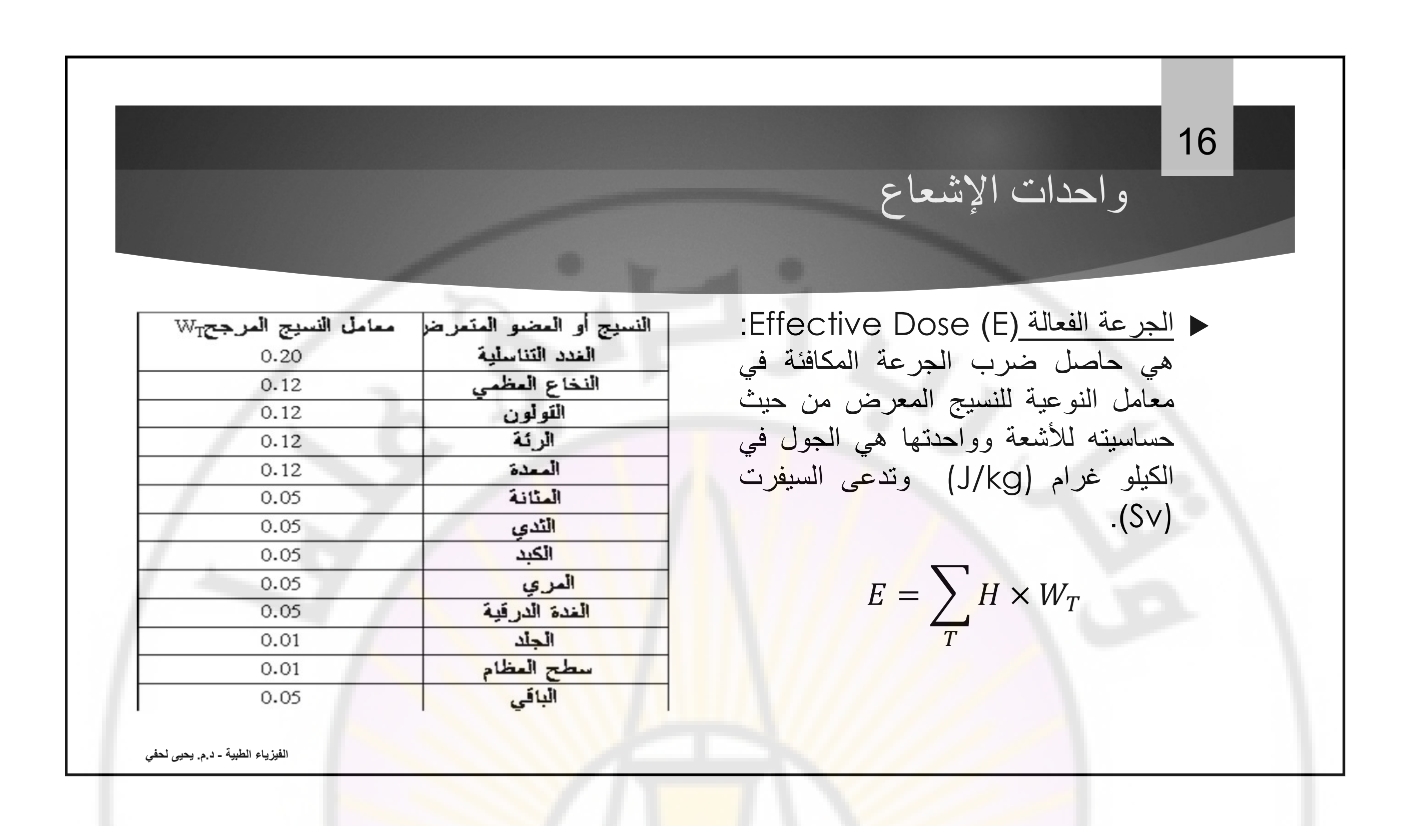
واحدات الإشعاع

- الجرعة المكافئة (H) Equivalent Dose: هي حاصل ضرب الطاقة الممتصة (المودعة داخل الجسم البشري) في معامل النوعية للأشعة من حيث الأثر البيولوجي لها وواحدتها هي الجول في الكيلو غرام (J/kg) وتدعى السيفرت (Sv).

$$H = D * W_R$$

نوع الإشعاعات وطاقتها	معامل الإشعاع المرجح W_R
– الفوتونات بكل طاقاتها	1
– الإلكترونات بكل طاقاتها	1
– نيترونات أقل من 10 keV	5
– نيترونات من 10 keV حتى 100 keV	10
– نيترونات من 100 keV حتى 2 MeV	20
– نيترونات من 2 MeV حتى 20 MeV	10
– نيترونات أكبر من 20 MeV	5
– البروتونات أكبر من 2 MeV	2 (5 in ICRP 60)
– جسيمات ألفا ونواتج الانشطار والنوى الثقيلة	20

الفيزياء الطبية - د.م. يحيى لحفي

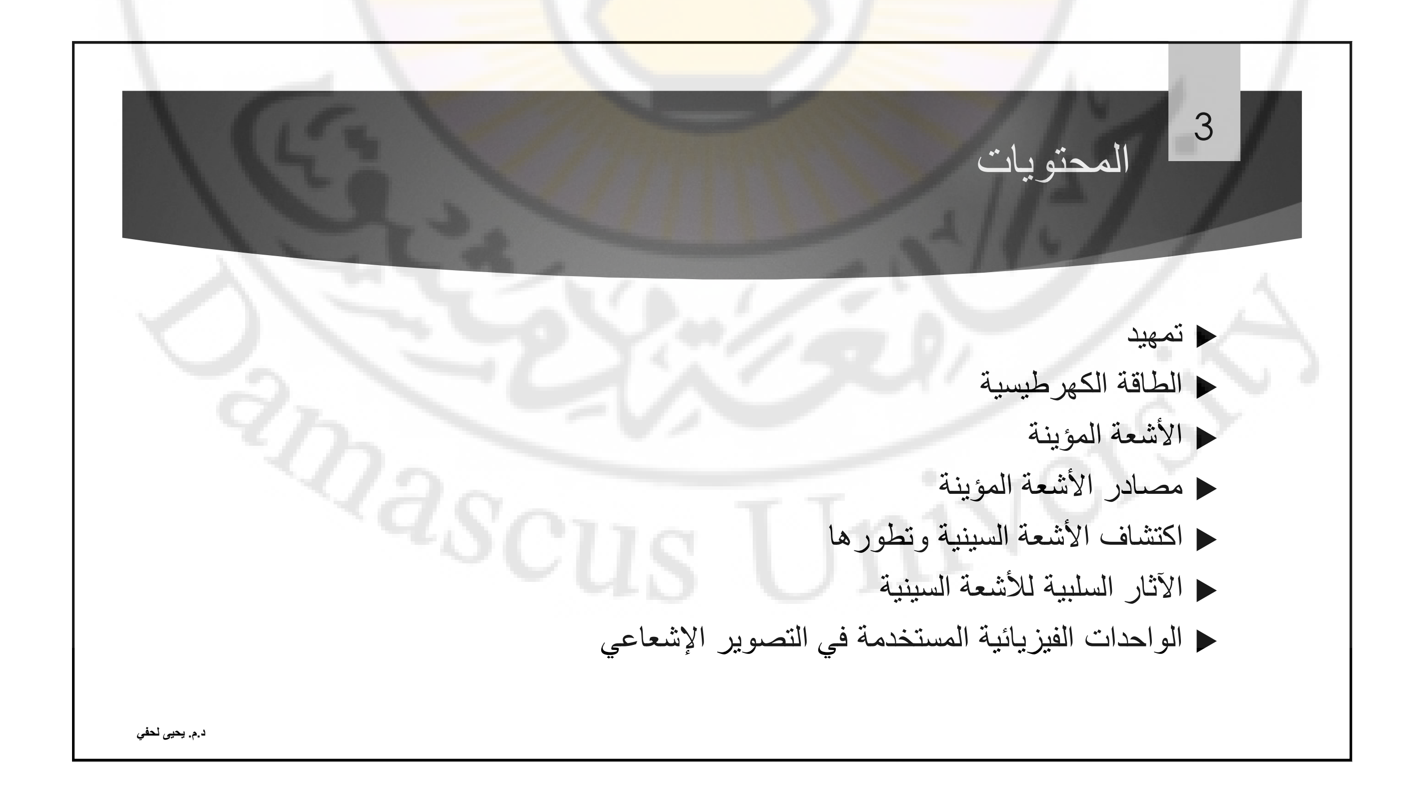


النسيج أو العضو المتعرض	معامل النسيج المرجح W_T
الغدد التناسلية	0.20
النخاع العظمي	0.12
القولون	0.12
الرئة	0.12
المعدة	0.12
المثانة	0.05
الثدي	0.05
الكبد	0.05
المري	0.05
الغدة الدرقية	0.05
الجلد	0.01
سطح العظام	0.01
الباقي	0.05



الإشعاع	المدى في الهواء	المدى في الأنسجة
ألفا	3 cm	0.04 mm
بيتا	300 cm	5 mm
السينية وغاما	كبير جداً	تعبر الجسم
نترونات بطيئة	كبير جداً	15 cm
نترونات سريعة	كبير جداً	تعبر الجسم


كلية العلوم الصحية
Damascus University
فيزياء التصوير الإشعاعي
الدكتور المهندس يحيى لحفي
2022-2021


3
المحتويات
تمهيد
الطاقة الكهرطيسية
الأشعة المؤينة
مصادر الأشعة المؤينة
اكتشاف الأشعة السينية وتطورها
الآثار السلبية للأشعة السينية
الواحدات الفيزيائية المستخدمة في التصوير الإشعاعي
د.م. يحيى لحفي

4

تمهيد

- يعتبر استخدام وإنتاج الأشعة المؤينة كوسيلة في التشخيص الأساس في التصوير الإشعاعي
- يقع على عاتق فنيي الأشعة مسؤولية كبيرة في إجراء التصوير الإشعاعي بما يتوافق مع قواعد الوقاية الإشعاعية لضمان سلامة كل من المرضى والفريق الطبي على حد سواء
- إن عملية توليد الأشعة السينية تتم بالتوافق التام مع القوانين الفيزيائية وفيزياء تفاعل الأشعة مع الجسم بحيث تتفاعل فوتونات الأشعة السينية مع أنسجة الجسم لتصل إلى سطح الكاشف مشكلة الصورة الشعاعية.

د.م. يحيى لحفي

5

الطاقة الكهرطيسية

- الطاقة بالتعريف هي القدرة على القيام بعمل ما
- يوجد عدة أشكال للطاقة: الطاقة الكامنة، الطاقة الحركية، الطاقة الكيميائية، الطاقة الكهربائية، الطاقة الحرارية، الطاقة النووية، والطاقة الكهرطيسية.
- الطاقة الكهرطيسية: هي الطاقة المستخدمة في التصوير بالأشعة السينية، وبما أنه يمكن أن تتحول الطاقة من شكل لآخر فالطاقة الكهربائية تتحول إلى طاقة كهرطيسية في أنبوب الأشعة ومن ثم إما إلى طاقة كيميائية أثناء تفاعل فوتونات الأشعة السينية مع مركب الفيلم الشعاعي أو إلى إشارة كهربائية في مستقبل الأشعة الرقمي.

د.م. يحيى لحفي

6

الطاقة الكهرطيسية

- إن عملية إصدار أو انتقال الطاقة في الفراغ تدعى إشعاع مثال: الضوء المرئي هو شكل من أشكال الطاقة الكهرطيسية الذي يشع من الشمس
- كل مادة تستقبل أو تمتص جزء أو كل من الأشعة توصف بأنها تعرضت exposed أو تشععت irradiated
- عندما يخضع المريض إلى التصوير الإشعاعي فهو يتعرض للأشعة irradiated.

د.م. يحيى لحفي

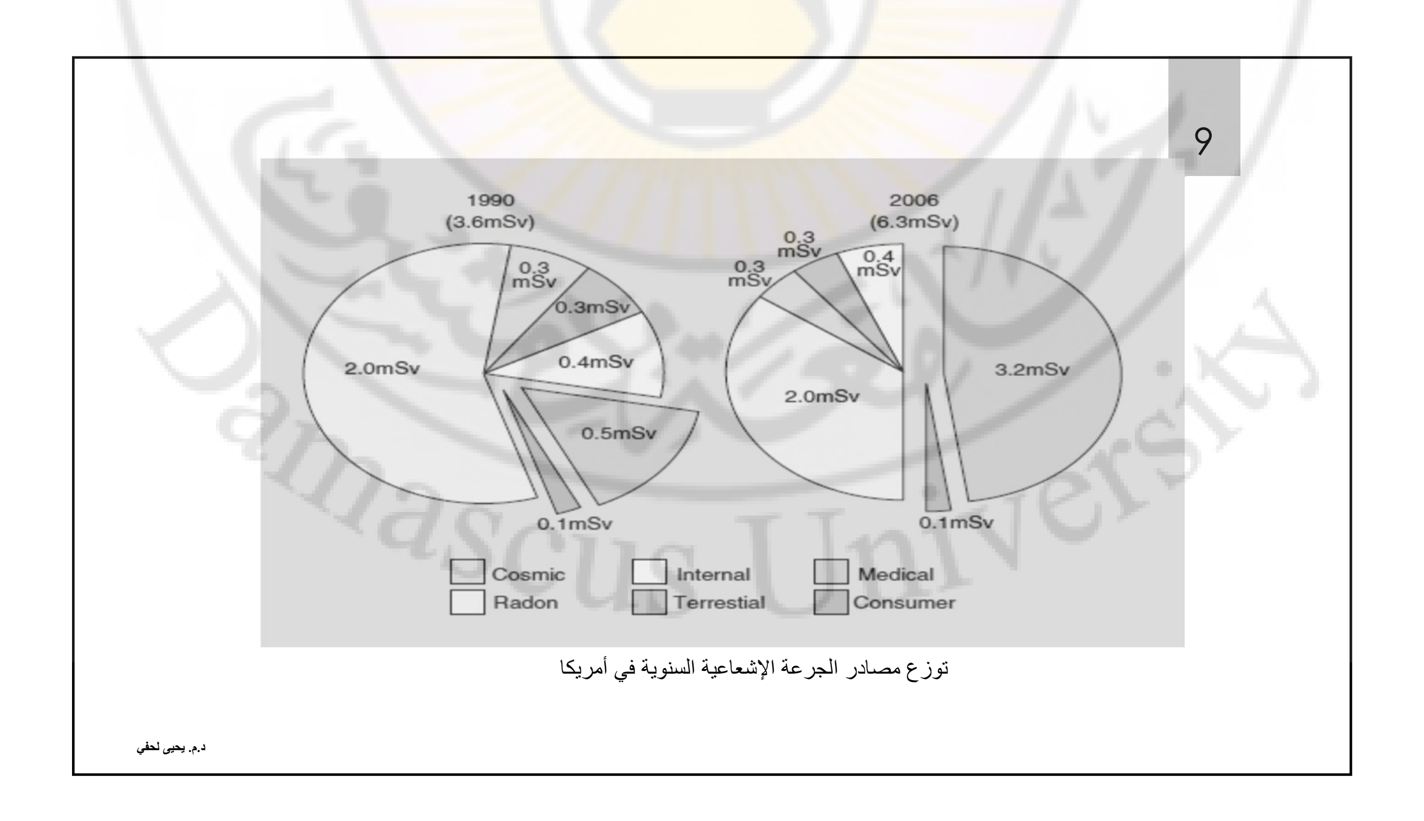
7

الأشعة المؤينة

- الأشعة المؤينة هي شكل من أشكال الأشعة القادرة على اقتلاع إلكترون مداري من الذرة التي تصادفها وتدعى هذه العملية بالتأيين ionization حيث يتشكل زوج أيوني من الإلكترون المغادر للذرة (أيون سالب) والذرة المقتلع منها الالكترون (أيون موجب)
- تعتبر الأشعة السينية من الأشعة المؤينة
- أشعة غاما والأشعة فوق البنفسجية هي أشكال الأشعة الأخرى القادرة على التأيين.
- يوجد بعض الجسيمات الفادرة على تأيين الذرات كجسيمات ألفا وبيتا.
- تعتبر الأشعة المؤينة ضارة للإنسان

د.م. يحيى لحفي


8
مصادر الأشعة المؤينة
▶ تقسم مصادر الأشعة المؤينة إلى نوعين رئيسيين:
▶ الإشعاع الطبيعي البيئي: وينتج عن أربع مكونات هي: الأشعة الكونية، الأشعة الأرضية، الأشعة الناتجة عن النيكليدات المشعة (بشكل أساسي البوتاسيوم 40) وغاز الرادون. تقدر قيمة جرعتها من 0.02 to 0.1 μGy/hr وبجرعة فعالة سنوية مقدارها 3 mSv
▶ الإشعاع المنتج بواسطة الإنسان: يعتبر التصوير الإشعاعي التشخيصي أهم مصدر للأشعة المؤينة المنتجة بواسطة الإنسان والتي تؤدي إلى جرعة فعالة سنوية مقدارها 3.2 mSv/yr. كما يوجد مصادر أخرى كمحطات الطاقة النووية والتطبيقات البحثية والمصادر الصناعية وتقدر الجرعة الفعالة السنوية الناتجة عنهم بـ 0.1 mSv/yr
د.م. يحيى لحفي


9
1990
(3.6mSv)
0.3 mSv
0.3mSv
0.4mSv
2.0mSv
0.5mSv
0.1mSv
2006
(6.3mSv)
0.3 mSv
0.3 mSv
0.4 mSv
2.0mSv
3.2mSv
0.1mSv
Cosmic
Internal
Medical
Radon
Terrestial
Consumer
توزع مصادر الجرعة الإشعاعية السنوية في أمريكا
د.م. يحيى لحفي

10

اكتشاف الأشعة السينية

- الأشعة السينية لم تتطور وإنما اكتشفت وبالصدفة!!!
- البداية من أبحاث أنبوب الأشعة المهبطية (أنبوب كروكس Crooks tube) ما بين 1870-1880
- في 8 تشرين الثاني 1895 اكتشفها ويليام رونتجن Wilhelm Roentgen في جامعة Wurzburg في ألمانيا عندما غطى أنبوب كروكس بورق تصوير أسود و شاهد تألق صفيحة مطلية بمادة barium platinocyanide موجودة على بعد عدة أمتار من الأنبوب

د.م. يحيى لحفي

11



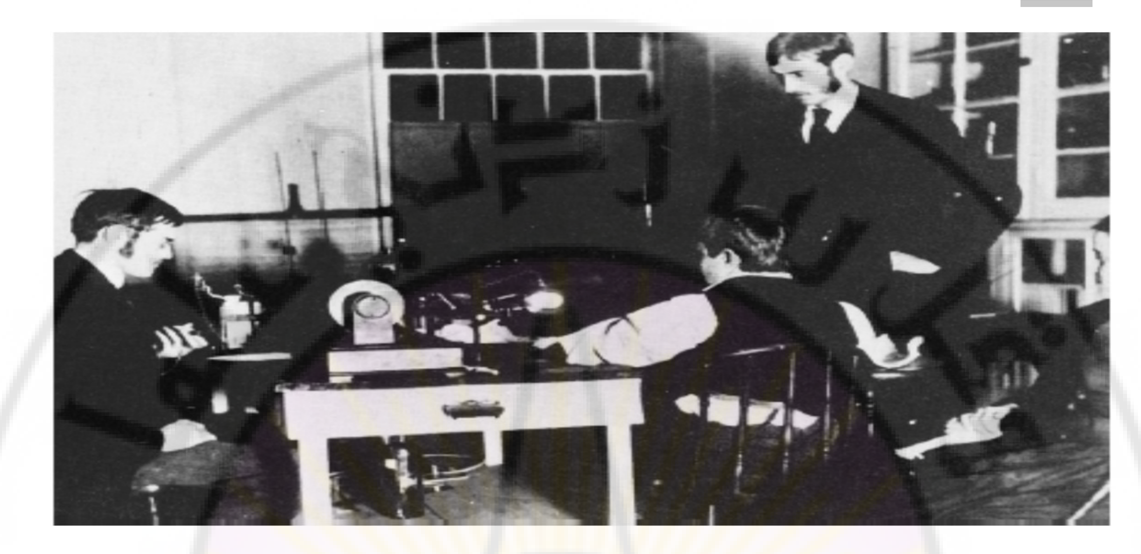
اكتشاف الأشعة السينية



- لاحظ رونتجن أن التألق يزداد مع اقتراب الصفيحة من الأنبوب
- دون رونتجن كافة تجاره على هذه الأشعة المجهولة وبخلال فترة أقل من شهر كان قد توصل إلى معظم خصائص الأشعة السينية
- اعترف رونتجن بقيمة اكتشافه الطبية من خلال صورة يد زوجته الإشعاعية عام 1896
- نال جائزة نوبل عام 1901

د.م. يحيى لحفي

12



د.م. يحيى لحفي

13

اكتشاف الأشعة السينية

- في أيام رونتجن كان يتم توليد الجهد الكهربائي اللازم لتغذية أنبوب كروكس عن طريق مولدات جهود مستمرة حتى 50 kVp بتيار كهربائي من عدة ميلي أمبير مما يستدعى الحاجة إلى زمن طويل يقدر بنصف ساعة للحصول على صورة شعاعية.
- تم تخفيض هذا الزمن عندما استخدم Michael Pupin اللوحة المعززة عام 1896
- استخدم Charles L. Leonard ألواح زجاجية مطلية بمستحلب الفيلم من الوجهين عام 1904
- خلال الحرب العالمية الأولى استبدلت الألواح الزجاجية بالأفلام الشعاعية من مادة نترات السللوز
- أوجد توماس أديسون Thomas A. Edison التنظير الإشعاعي عام 1898 باستخدام مادة barium platinocyanide المتألقة وقارنها مع أكثر من 1800 مركب آخر

د.م. يحيى لحفي





Thomas Edison is seen viewing the hand of his unfortunate assistant, Clarence Dally, through a fluoroscope of his own design. Dally's hand rests on the box that contains the x-ray tube.

د.م. يحيى لحفي

15

وتطورت نظم التصوير بالأشعة السينية

- لتخفيض من جرعة المريض استخدم William Rollins لوح رصاصي مع وجود فتحة من مركزه لتحديد الحزمة الإشعاعية ولاحظ أن إضافة شرائح من الألمنيوم تحسن من جودة الصورة الناتجة
- في عام 1907 استبدل العالم Snook مولد الجهد الثابت بمولد جهد عالي غير متقطع
- في عام 1913 طور William Coolidge أنبوب الأشعة ذو المهبط الحار للاستخدامات الطبية وهو عبارة عن أنبوب مخلى من الهواء يسمح باختيار طاقة وشدة الأشعة السينية الناتجة عنه



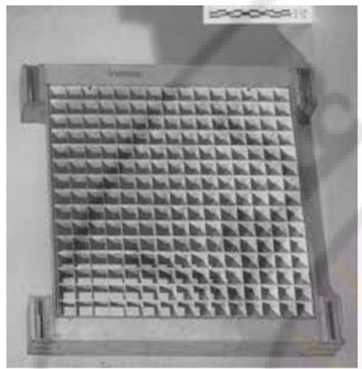
Coolidge tube

د.م. يحيى لحفي

16

وتطورت نظم التصوير بالأشعة السينية....

- في عام 1913 اخترع العالم الألماني Gustav Bucky اللوحة المانعة للتبعثر الثابتة وكذلك اللوحة المتحركة
- في عام 1915 اخترع العالم الأمريكي Potter اللوحة المانعة للتبعثر المتحركة
- في عام 1950 تم اختراع الأنبوب المعزز للصورة في التنظير الإشعاعي
- في عام 1960 تم تقديم التصوير البوزيتروني PET والتصوير بالأمواج فوق الصوتية
- في عام 1970: تم وضع التصوير المقطعي المحوسب بالأشعة السينية
- في الوقت الحاضر تم استبدال الفيلم الشعاعي و اللوحة المعززة بمستقبلات شعاعية رقمية



Bucky grid

د.م. يحيى لحفي

17

Early radiologic technologists are shown in this scene from the original *Frankenstein* movie (1931)

د.م. يحيى لحفي

18

الآثار السلبية للأشعة السينية

- 1904: أول حالة وفاة ناتجة عن الأشعة السينية في أمريكا
- الآثار السلبية: حروق جلدية بعضها معند، تساقط الشعر، فقر الدم، اللوكيميا (تظهر عند المريض والفني)
- بعد عام 1910 أخذت هذه الآثار تعريفها وتصنيفها بالآثار البيولوجية للأشعة السينية
- مما استدعى استخدام أساليب الوقاية للأشعة كاستخدام التدريع، القفازات الرصاصية والمرابيل المرصصة
- بدأت متابعة العاملين بالإشعاع لتقدير جرعاتهم السنوية
- تم وضع قواعد الوقاية الإشعاعية وكذلك معيار ALARA للتعامل مع الأشعة السينية

د.م. يحيى لحفي

19

The Ten Commandments of Radiation Protection

1. Understand and apply the cardinal principles of radiation control: time, distance, and shielding.
2. Do not allow familiarity to result in false security.
3. Never stand in the primary beam.
4. Always wear protective apparel when not behind a protective barrier.
5. Always wear an occupational radiation monitor and position it outside the protective apron at the collar.
6. Never hold a patient during radiographic examination. Use mechanical restraining devices when possible. Otherwise, have family or friends hold the patient.
7. The person who is holding the patient must always wear a protective apron and, if possible, protective gloves.
8. Use gonadal shields on all people of childbearing age when such use will not interfere with the examination.
9. Examination of the pelvis and lower abdomen of pregnant patients should be avoided whenever possible, especially during the first trimester.
10. Always collimate to the smallest field size appropriate for the examination.

د.م. يحيى لحفي

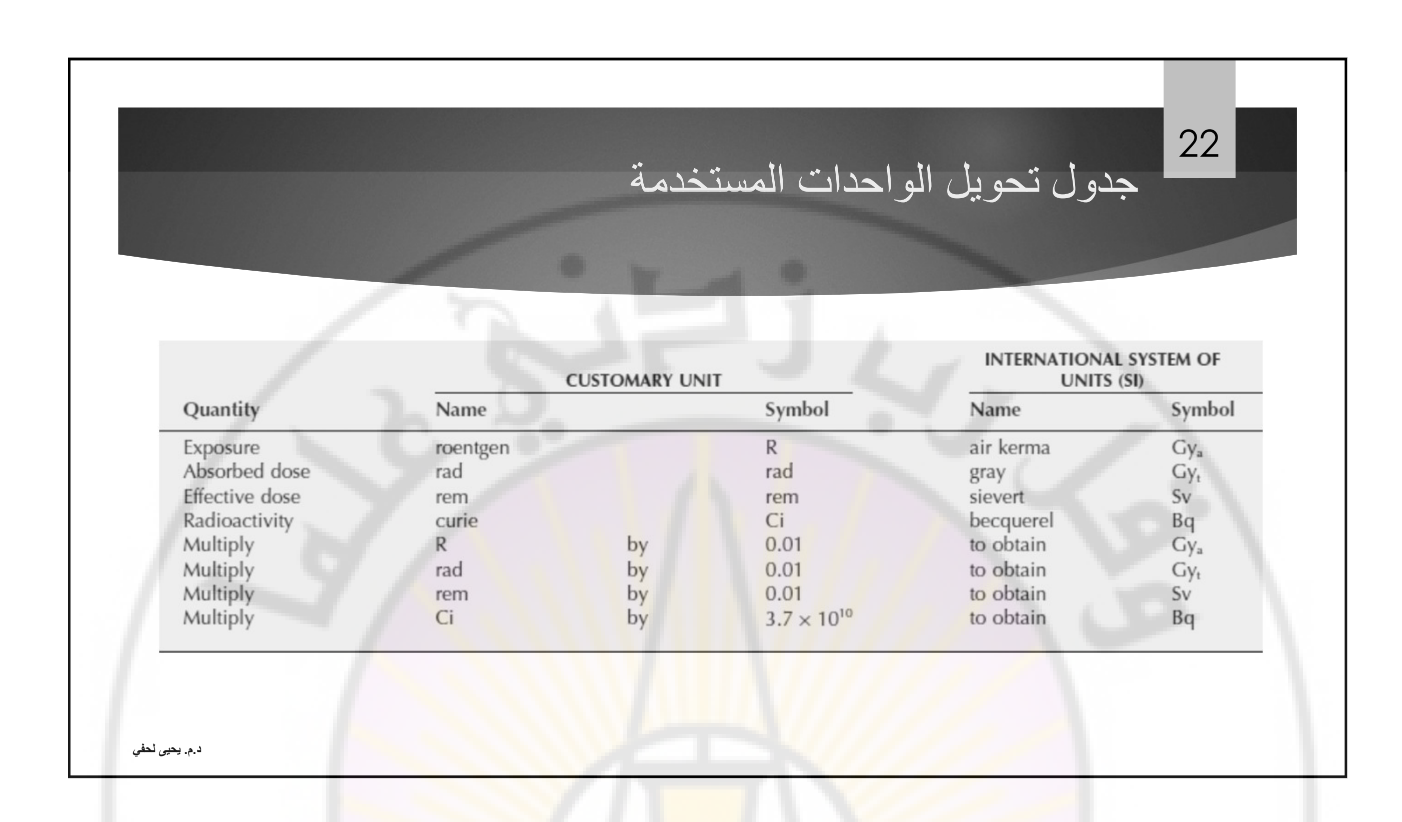


21

الواحدات الفيزيائية المستخدمة في التصوير الإشعاعي

- كيرما الهواء: تعبر عن مقدار الطاقة الحركية المنتقلة من الفوتونات إلى الإلكترونات أثناء التأيين أو الإثارة، وتقدر بالجول لكل واحد كيلو غرام أو غري Gy
- الجرعة الممتصة: تعبر عن مقدار الطاقة الإشعاعية الممتصة بواحدة الكتلة وتقاس بالجول لكل كيلو غرام أو بالغري Gy
- الجرعة الفعالة أو السيفرت Sv : تعبر عن مقدار الأشعة التي يتعرض لها العاملون أو الناس

د.م. يحيى لحفي



Quantity	CUSTOMARY UNIT Name		CUSTOMARY UNIT Symbol	INTERNATIONAL SYSTEM OF UNITS (SI) Name	INTERNATIONAL SYSTEM OF UNITS (SI) Symbol
Exposure	roentgen		R	air kerma	Gy_a
Absorbed dose	rad		rad	gray	Gy_t
Effective dose	rem		rem	sievert	Sv
Radioactivity	curie		Ci	becquerel	Bq
Multiply	R	by	0.01	to obtain	Gy_a
Multiply	rad	by	0.01	to obtain	Gy_t
Multiply	rem	by	0.01	to obtain	Sv
Multiply	Ci	by	3.7×10^{10}	to obtain	Bq



3

المحتويات

- تمهيد
- أشكال تموضع أنبوب الأشعة المكونات الداخلية
- الغلاف الواقي
- المهبط: الفتيل- فنجان التبئير- تيار الفتيل- المهبط ثنائي الفتيل
- المصعد: المصعد الدوار- مبدأ الخط – بؤرة – أثر الكعب - الإشعاع خارج البقعة المحرقية
- سعات الحمل الحراري لأنبوب الأشعة: مخططات تقدير القيمة – مخططات تبريد المصعد

د.م. يحيى لحفي

4

تمهيد

- يعد أنبوب الأشعة العنصر المخفي في نظام التصوير الشعاعي نظراً لتواجده ضمن غلافه الواقي.
- يتكون أنبوب الأشعة بشكل رئيسي من لبوسي المصعد والمهبط.
- يتكون الجزء الخارجي من أنبوب الأشعة من: الغلاف الواقي، الغلاف المعدني أو الزجاجي.
- عند الاستخدام الصحيح، يستمر أنبوب الأشعة في العمل لعدة سنوات وينخفض عمره التشغيلي في أجهزة التصوير المقطعية الشعاعية وأجهزة التنظير الشعاعي.

د.م. يحيى لحفي

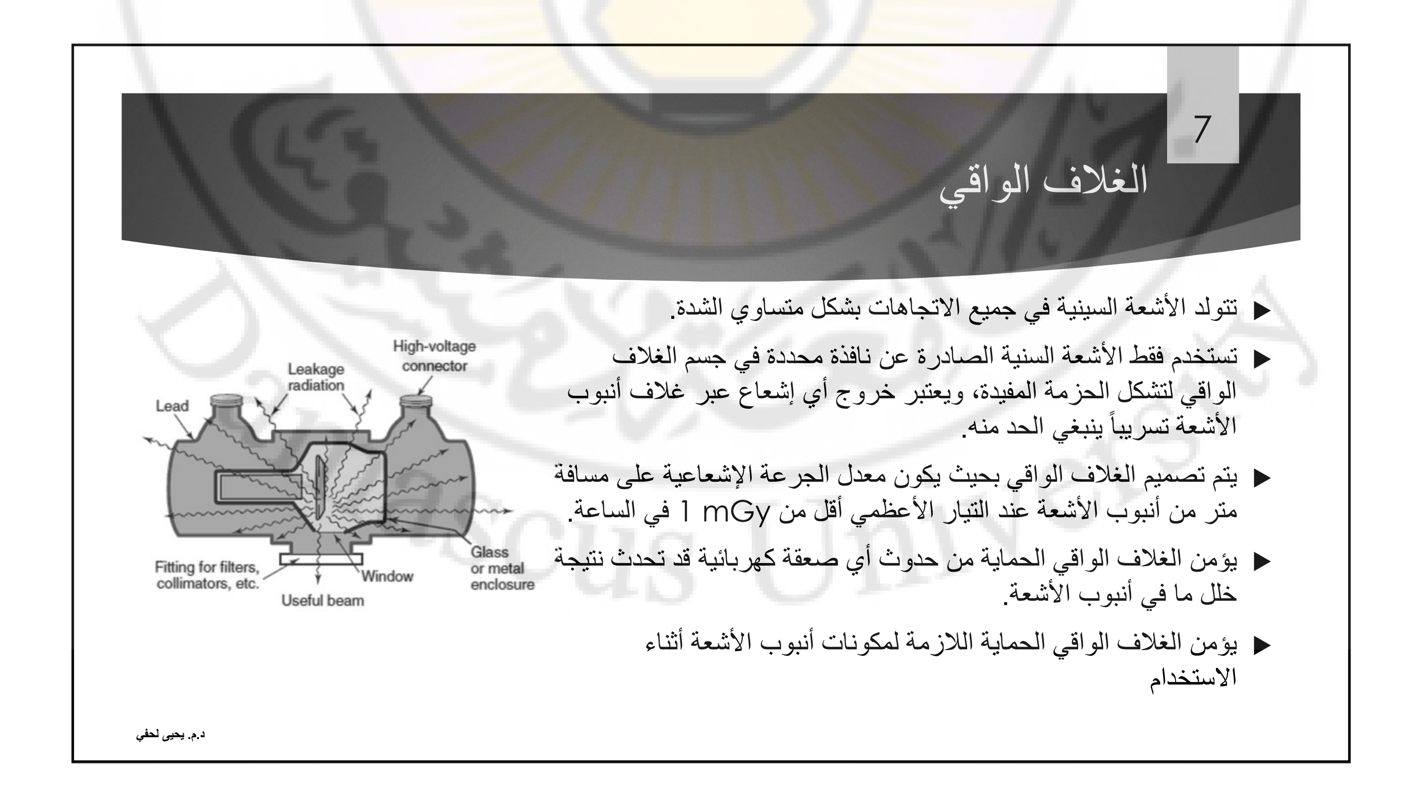
5

أشكال تموضع أنبوب الأشعة

- يتطلب أنبوب الأشعة آلية تحريك وتعليق نظراً لوزنه الكبير حتى يتمكن فني الأشعة من استخدامه.
- يوجد ثلاثة أشكال لتموضع أنبوب الأشعة:
  - نظام التعليق السقفي
  - نظام التعليق السقفي الأرضي
  - نظام التعليق المتحرك على شكل ذراع حرف C

د.م. يحيى لحفي


6
أشكال تموضع أنبوب الأشعة
PHILIPS
د.م. يحيى لحفي


7
الغلاف الواقي
▶ تتولد الأشعة السينية في جميع الاتجاهات بشكل متساوي الشدة.
▶ تستخدم فقط الأشعة السنية الصادرة عن نافذة محددة في جسم الغلاف الواقي لتشكل الحزمة المفيدة، ويعتبر خروج أي إشعاع عبر غلاف أنبوب الأشعة تسرباً ينبغي الحد منه.
▶ يتم تصميم الغلاف الواقي بحيث يكون معدل الجرعة الإشعاعية على مسافة متر من أنبوب الأشعة عند التيار الأعظمي أقل من 1 mGy في الساعة.
▶ يؤمن الغلاف الواقي الحماية من حدوث أي صعقة كهربائية قد تحدث نتيجة خلل ما في أنبوب الأشعة.
▶ يؤمن الغلاف الواقي الحماية اللازمة لمكونات أنبوب الأشعة أثناء الاستخدام
High-voltage connector
Leakage radiation
Lead
Glass or metal enclosure
Fitting for filters, collimators, etc.
Window
Useful beam
د.م. يحيى لحفي

8

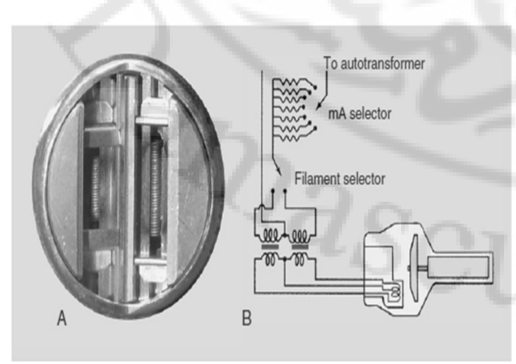
الغلاف الواقي

- أنبوب الأشعة عبارة عن أنبوب إلكتروني مفرغ من الهواء يصنع إما من الزجاج المقاوم للحرارة Pyrex glass أو من المعدن.
- يبلغ طول أنبوب الأشعة ما بين 30 إلى 50 سم بقطر 20 سم.
- يضمن التفريغ الجيد لأنبوب الأشعة من الهواء زيادة من فعالية توليد الأشعة.
- يتبخر التنغستين مع الوقت في أنبوب الأشعة ويغطي السطح الداخلي له مما ينعكس سلباً على المواصفات الكهربائية له ويؤدي إلى تلف الأنبوب.
- يحافظ الغلاف المعدني لأنبوب الأشعة على جهد كهربائي ثابت ما بين الكترونات تيار الأنبوب والغلاف المعدني، مما يطيل في عمر الأنبوب، لذلك تستخدم أنابيب الأشعة ذات التحميل العالي غلافاً معدنياً.
- تبلغ مساحة نافذة خروج الأشعة 5 سم^2 وبحيث تكون منخفضة الامتصاص للأشعة.

د.م. يحيى لحفي

9

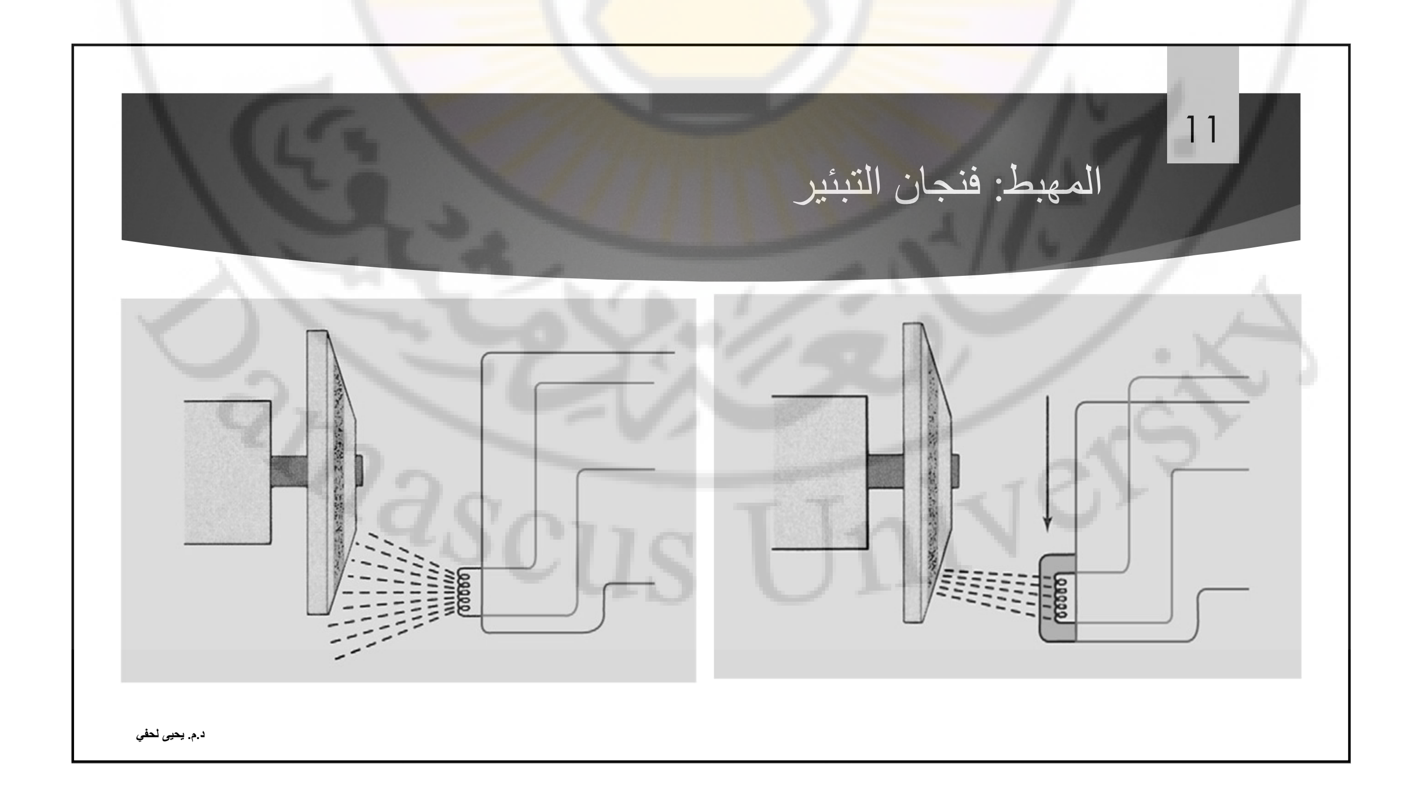
المهبط: الفتيل

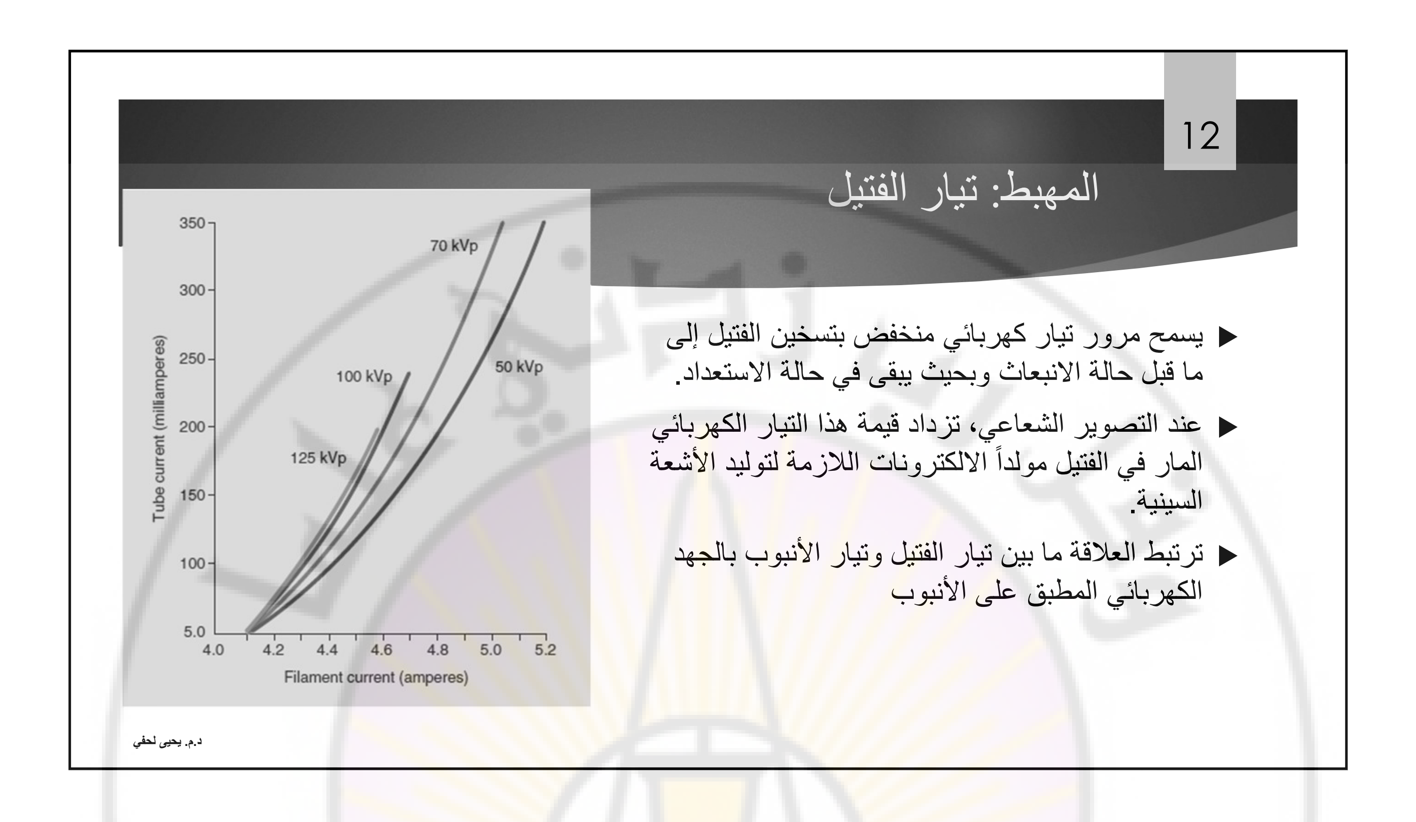


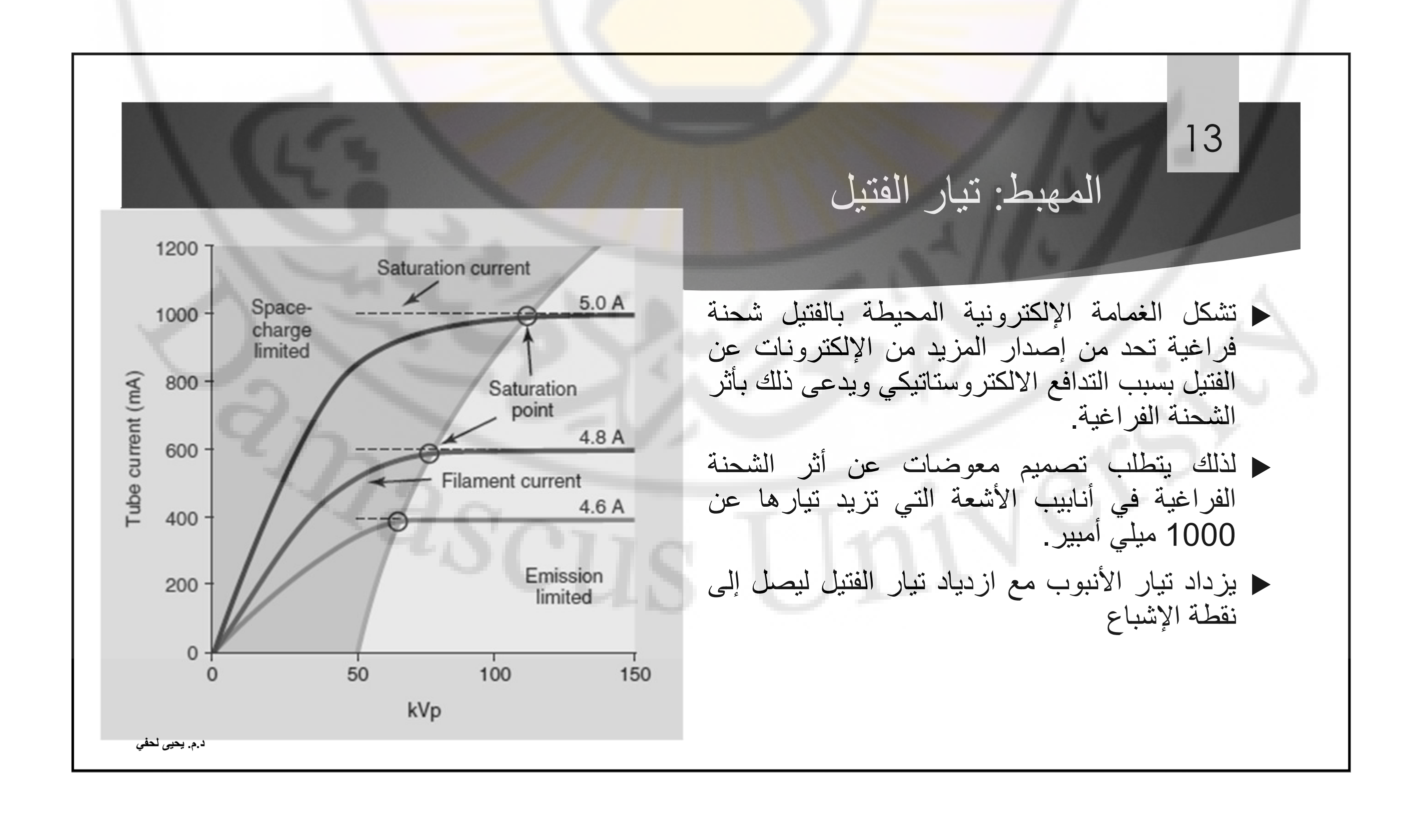
- عبارة عن سلك رفيع من توريم التنغستين ملفوف على شكل وشيعة طولها 2 سم وقطرها 2 مم.
- يتم تسخينها عند مرور تيار كهربائي عبرها لتصدر الالكترونات من ذرات سطحها الخارجي وفقاً للانبعاث الحراري **thermionic emission** مشكلة غمامة إلكترونية.
- يستخدم التنغستين بسبب نقطة انصهاره العالية 3140 درجة مئوية إضافة لإصداره الإلكتروني الكبير مقارنة بغيره من المعادن.
- إن إضافة التوريوم بنسبة 1 إلى 2 % إلى التنغستين يزيد من فعالية إصداره الإلكتروني ويطيل بعمر أنبوب الأشعة.

د.م. يحيى لحفي

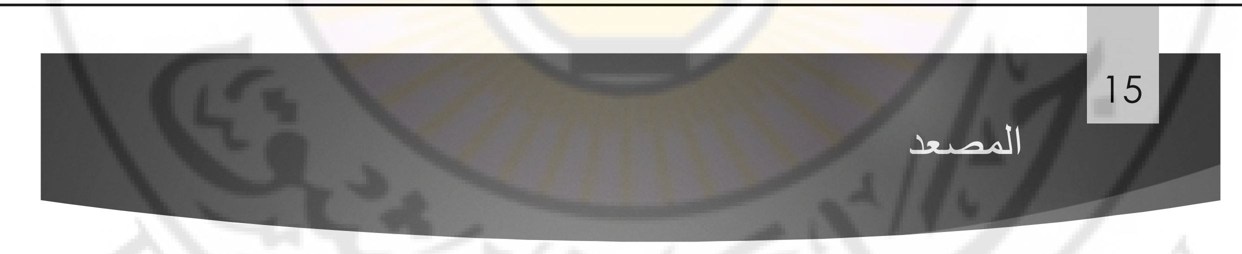

10
المهبط: فنجان التبئير
▶ يتموضع الفتيل ضمن قاعدة معدنية تدعى بفنجان التبئير.
▶ يكون لفنجان التبئير شحنة سالبة تسمح بتركيز مسار الإلكترونات المنبعثة باتجاه المصعد ويمنع من انتشارها بسبب التدافع الالكتروستاتيكي فيما بينها.
▶ تتعلق فعاليته بـ: شكله، حجمه، شحنته، ومكانه.
Focusing cup
Focusing cup
د.م. يحيى لحفي


11
المهبط: فنجان التبئير
د.م. يحيى لحفي


12
المهبط: تيار الفتيل
Tube current (milliamperes)
Filament current (amperes)
70 kVp
50 kVp
100 kVp
125 kVp
يسمح مرور تيار كهربائي منخفض بتسخين الفتيل إلى ما قبل حالة الانبعاث وبحيث يبقى في حالة الاستعداد.
عند التصوير الشعاعي، تزداد قيمة هذا التيار الكهربائي المار في الفتيل مولداً الالكترونات اللازمة لتوليد الأشعة السينية.
ترتبط العلاقة ما بين تيار الفتيل وتيار الأنبوب بالجهد الكهربائي المطبق على الأنبوب
د.م. يحيى لحفي


13
المهبط: تيار الفتيل
Tube current (mA)
kVp
Saturation current
Space-charge limited
5.0 A
Saturation point
4.8 A
Filament current
4.6 A
Emission limited
تشكل الغمامة الإلكترونية المحيطة بالفتيل شحنة فراغية تحد من إصدار المزيد من الإلكترونات عن الفتيل بسبب التدافع الالكتروستاتيكي ويدعى ذلك بأثر الشحنة الفراغية.
لذلك يتطلب تصميم معوضات عن أثر الشحنة الفراغية في أنابيب الأشعة التي تزيد تيارها عن 1000 ميلي أمبير.
يزداد تيار الأنبوب مع ازدياد تيار الفتيل ليصل إلى نقطة الإشباع
د.م. يحيى لحفي





- هو القطب الموجب في أنبوب الأشعة.
- يكون إما ثابت (في أجهزة التصوير السنية والمحمولة) أو دوار ليسمح بتوليد حزمة إشعاعية عالية الشدة وبزمن تعريض قصير.
- يقوم المصعد بثلاث وظائف:
  - ناقل كهربائي يسمح بمرور حزمة الالكترونات المتجهة من المهبط عبره إلى محول الجهد الكهربائي
  - يؤمن الدعم الميكانيكي للهدف
  - التبديد الحراري الجيد.
- تكون مادة المصعد غالباً من النحاس أوالملبيديوم أوالغرافيت

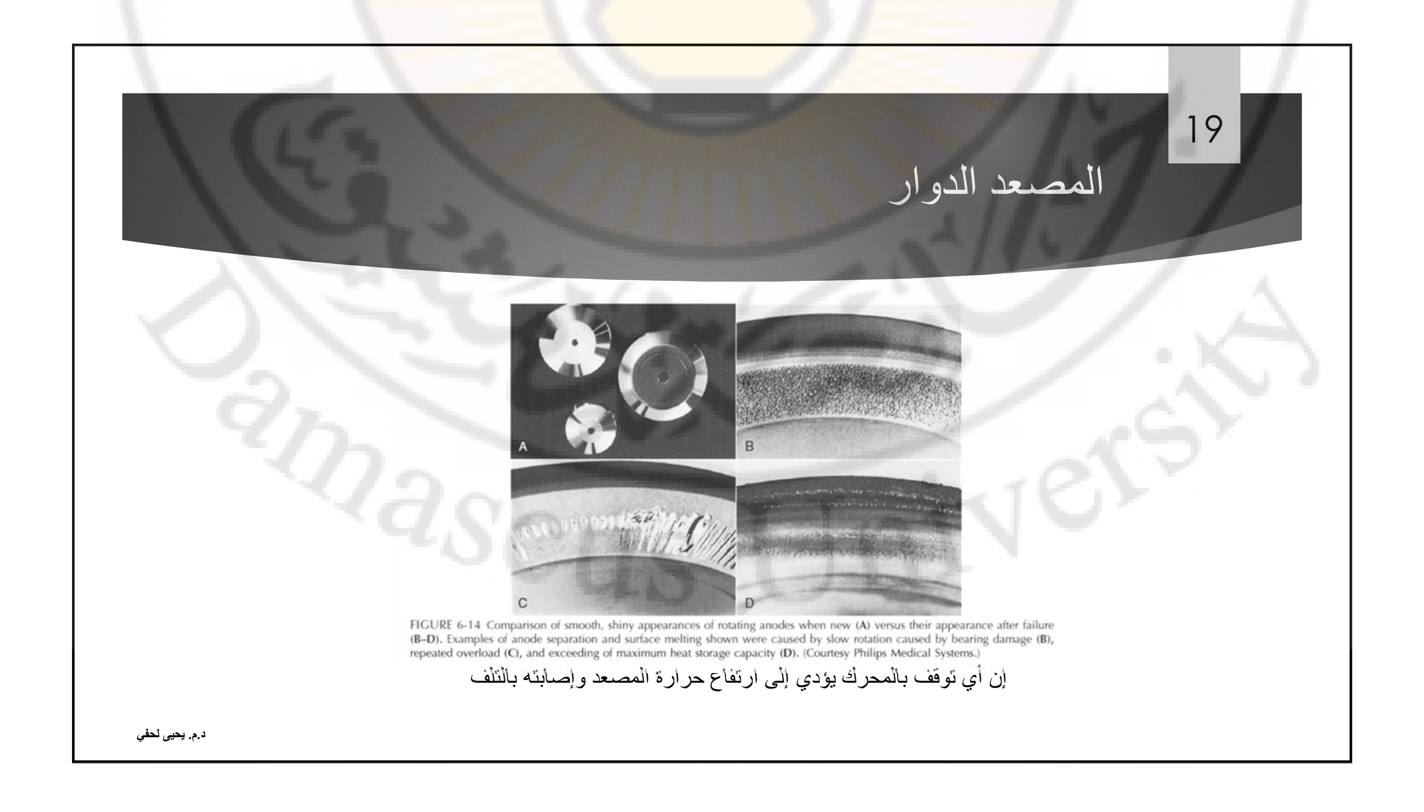
د.م. يحيى لحفي

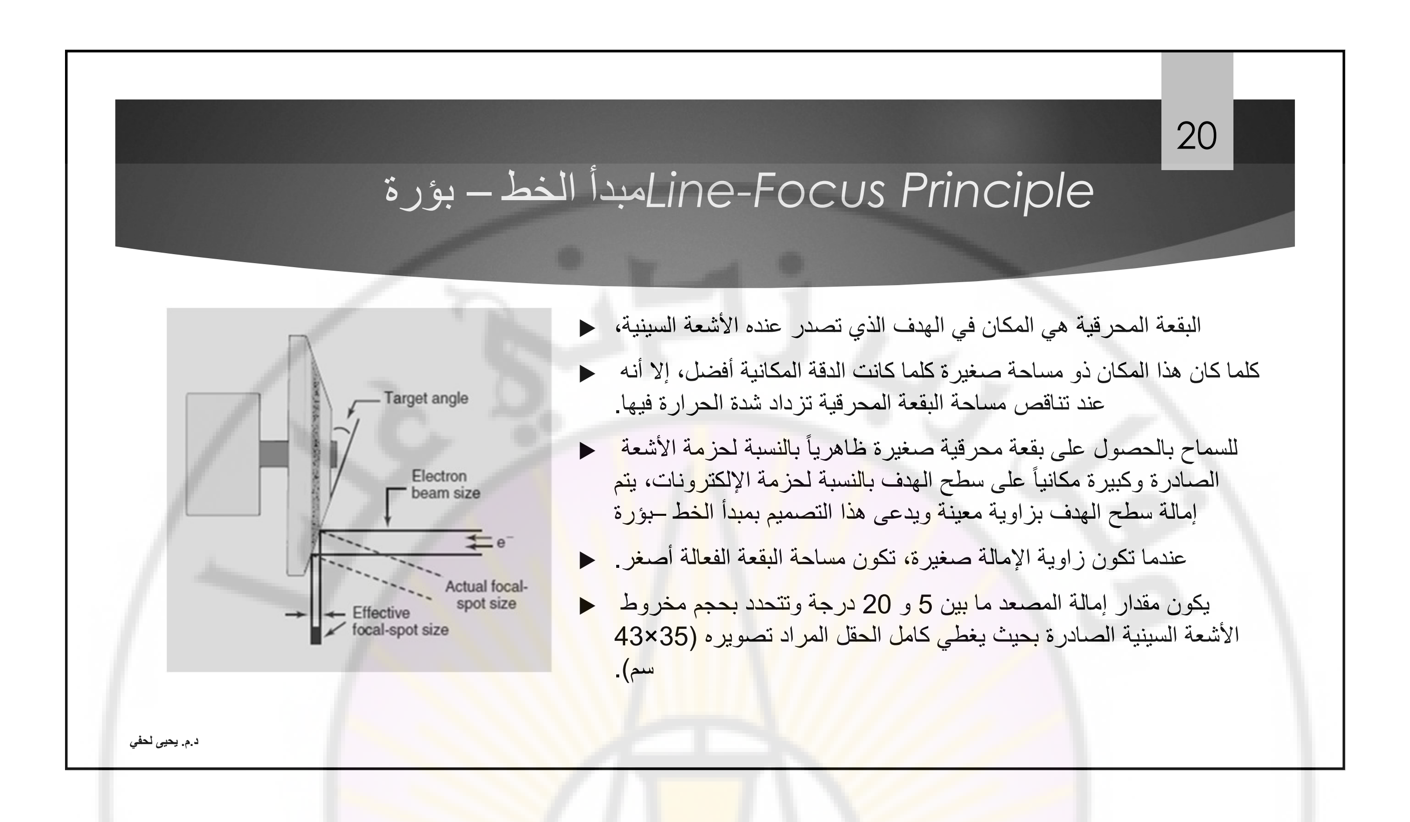


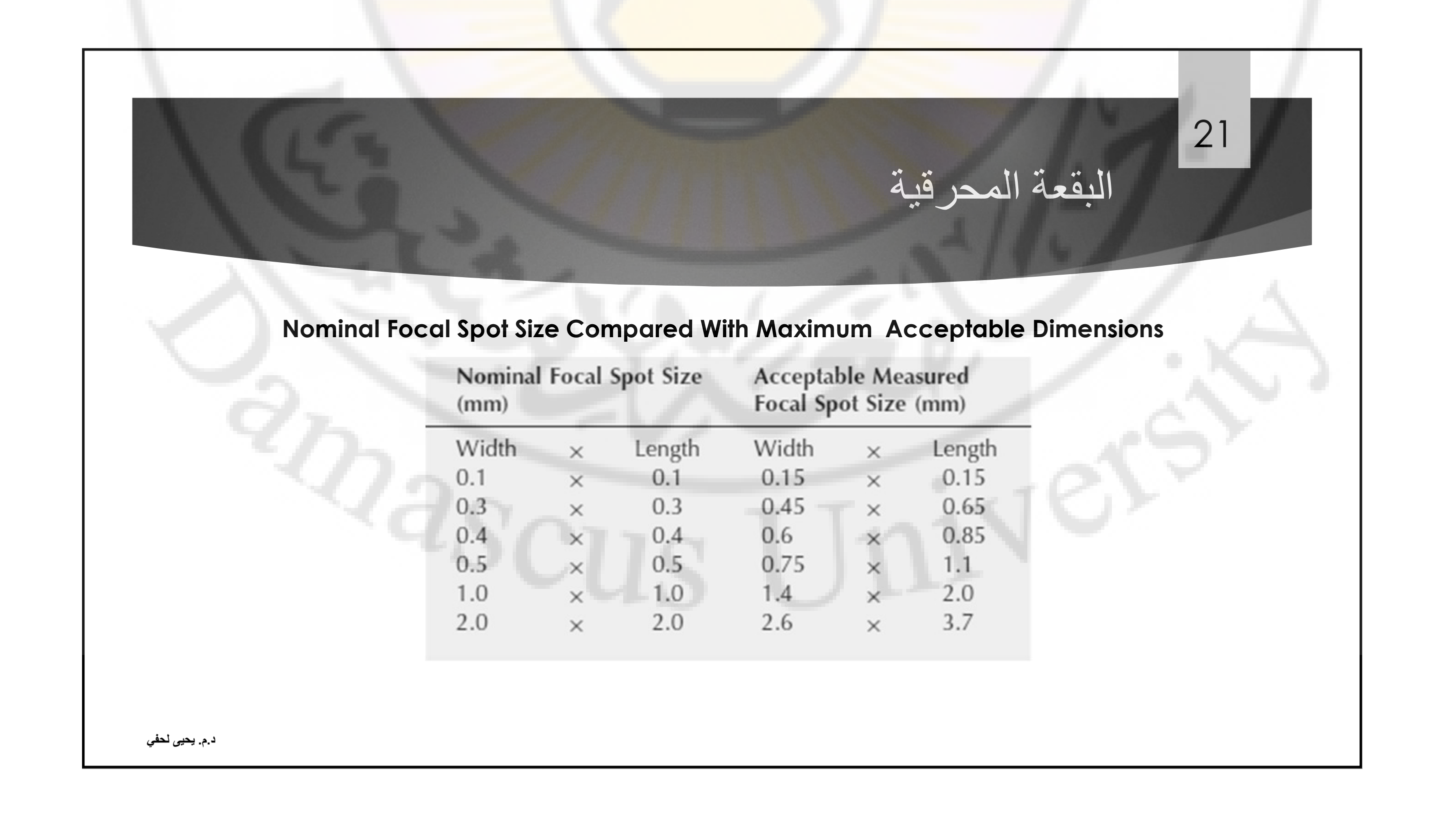


Element	Chemical Symbol	Atomic Number	K X-ray Energy (keV)*	Melting Temperature (°C)
Tungsten	W	74	69	3400
Molybdenum	Mo	42	19	2600
Rhodium	Rh	45	23	3200

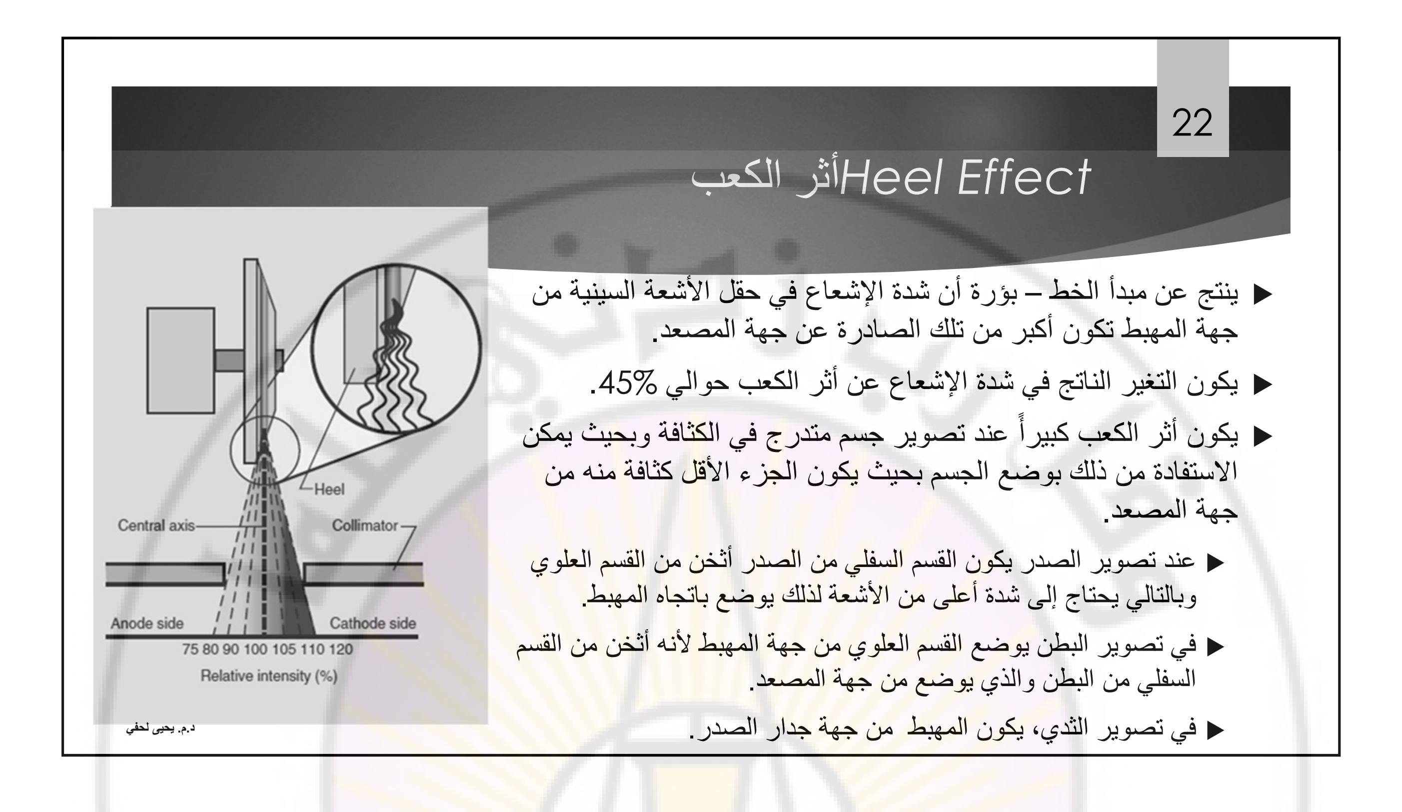

18
المصعد الدوار
A = 4 mm²
4 mm
1 mm
A = 3159 mm²
140 mm
4 mm
1 mm
▶ يسمح المصعد الدوار لشعاع الالكترونات بالتفاعل مع منطقة من سطح الهدف أكبر بكثير من تلك في المصعد الثابت.
▶ تتوزع الحرارة الناتجة عن ذلك على مساحة أكبر بـ 500 مرة مقارنة بحالة المصعد الثابت.
▶ يمكن زيادة التبديد الحراري بزيادة السرعة والتي تبلغ وسطياً 3400 دورة/دقيقة ويمكن أن تصل حتى 10000 دورة /دقيقة.
▶ ذراع المصعد الدوار هو القطعة الواصلة بين المصعد والمحرك وتصنع من الموليبديوم نظراً لكونه غير ناقل حرارياً.
▶ يستخدم محرك تحريضي لتدوير المصعد ضمن أنبوب الأشعة
د.م. يحيى لحفي


19
المصعد الدوار
A
B
C
D
FIGURE 6-14 Comparison of smooth, shiny appearances of rotating anodes when new (A) versus their appearance after failure (B–D). Examples of anode separation and surface melting shown were caused by slow rotation caused by bearing damage (B), repeated overload (C), and exceeding of maximum heat storage capacity (D). (Courtesy Philips Medical Systems.)
إن أي توقف بالمحرك يؤدي إلى ارتفاع حرارة المصعد وإصابته بالتلف
د.م. يحيى لحفي

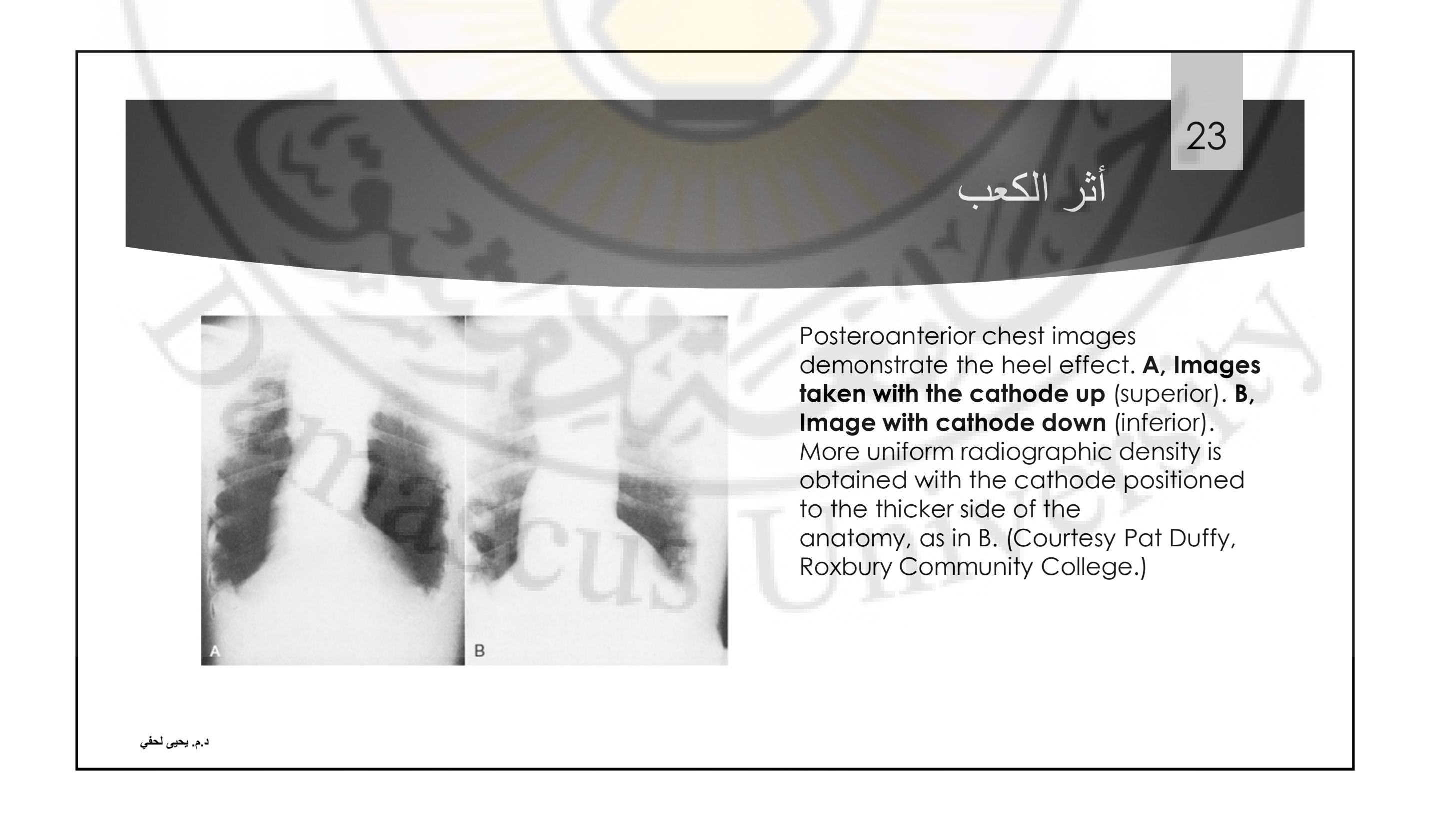




Nominal Focal Spot Size (mm)			Acceptable Measured Focal Spot Size (mm)		
Width	×	Length	Width	×	Length
0.1	×	0.1	0.15	×	0.15
0.3	×	0.3	0.45	×	0.65
0.4	×	0.4	0.6	×	0.85
0.5	×	0.5	0.75	×	1.1
1.0	×	1.0	1.4	×	2.0
2.0	×	2.0	2.6	×	3.7

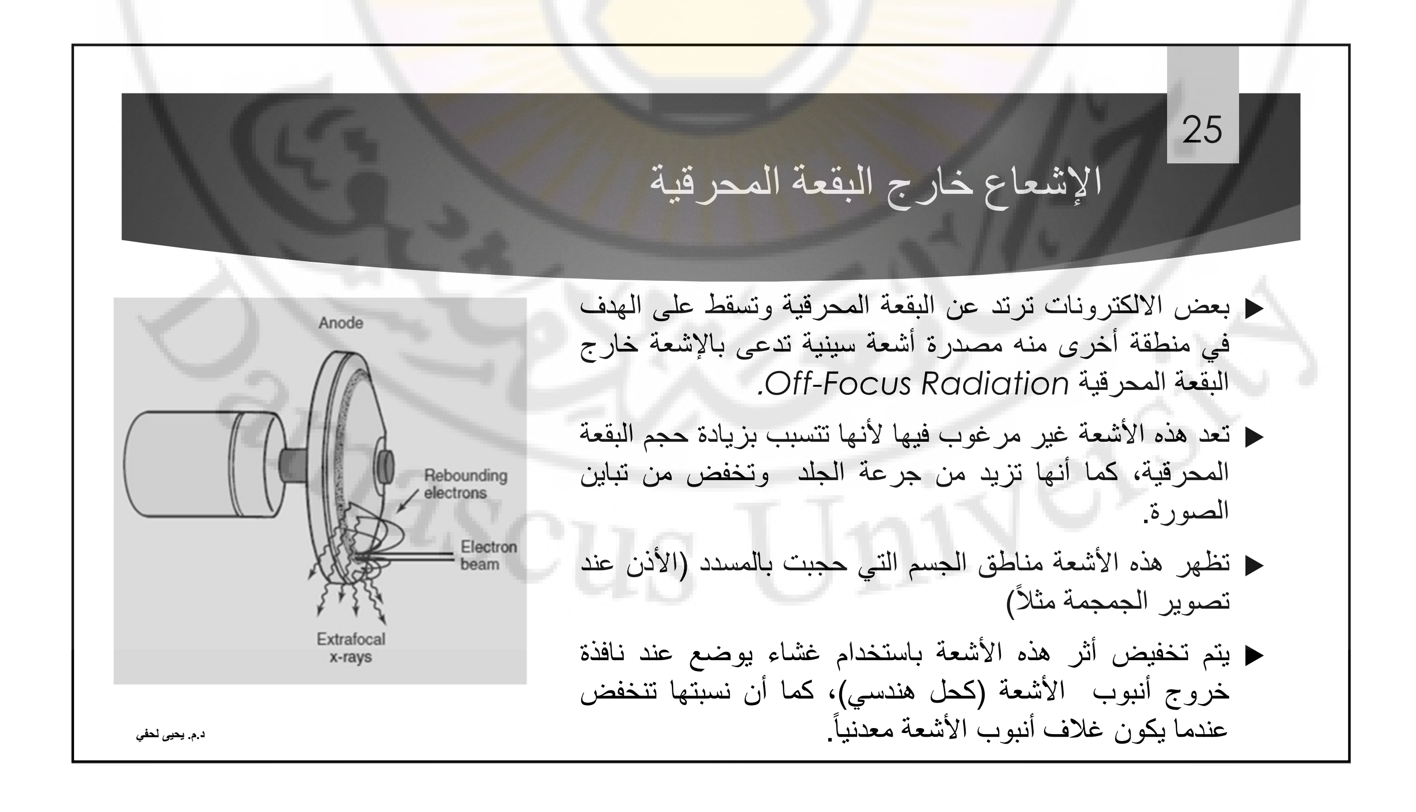


- ينتج عن مبدأ الخط – بؤرة أن شدة الإشعاع في حقل الأشعة السينية من جهة المهبط تكون أكبر من تلك الصادرة عن جهة المصعد.
- يكون التغير الناتج في شدة الإشعاع عن أثر الكعب حوالي 45%.
- يكون أثر الكعب كبيراً عند تصوير جسم متدرج في الكثافة وبحيث يمكن الاستفادة من ذلك بوضع الجسم بحيث يكون الجزء الأقل كثافة منه من جهة المصعد.
  - عند تصوير الصدر يكون القسم السفلي من الصدر أثخن من القسم العلوي وبالتالي يحتاج إلى شدة أعلى من الأشعة لذلك يوضع باتجاه المهبط.
  - في تصوير البطن يوضع القسم العلوي من جهة المهبط لأنه أثخن من القسم السفلي من البطن والذي يوضع من جهة المصعد.
  - في تصوير الثدي، يكون المهبط من جهة جدار الصدر.



Posteroanterior chest images demonstrate the heel effect. **A, Images taken with the cathode up** (superior). **B, Image with cathode down** (inferior). More uniform radiographic density is obtained with the cathode positioned to the thicker side of the anatomy, as in B. (Courtesy Pat Duffy, Roxbury Community College.)


24
أثر الكعب Heel Effect
ينتج عن أثر الكعب أيضاً أن حجم البقعة المحرقية الفعالة في الحقل الإشعاعي يكون أصغر من جهة المصعد مقارنة بحجمها من جهة المهبط.
يستفاد من هذه الخاصية في تصوير الثدي الشعاعي.
Anode
Cathode
د.م. يحيى لحفي


25
الإشعاع خارج البقعة المحرقية
بعض الالكترونات ترتد عن البقعة المحرقية وتسقط على الهدف في منطقة أخرى منه مصدرة أشعة سينية تدعى بالإشعة خارج البقعة المحرقية Off-Focus Radiation.
تعد هذه الأشعة غير مرغوب فيها لأنها تتسبب بزيادة حجم البقعة المحرقية، كما أنها تزيد من جرعة الجلد وتخفض من تباين الصورة.
تظهر هذه الأشعة مناطق الجسم التي حجبت بالمسدد (الأذن عند تصوير الجمجمة مثلاً)
يتم تخفيض أثر هذه الأشعة باستخدام غشاء يوضع عند نافذة خروج أنبوب الأشعة (كحل هندسي)، كما أن نسبتها تنخفض عندما يكون غلاف أنبوب الأشعة معدنياً.
Anode
Rebounding electrons
Electron beam
Extrafocal x-rays
د.م. يحيى لحفي

26

سعات الحمل الحراري لأنبوب الأشعة

- يعتمد الإجراء الذي يولد كمية من الحرارة على:
  - جهد الأنبوب الكهربائيkV المستخدم، تيار الأنبوب (mA)، زمن التعريض
  - نوع وشكل موجة الجهد الكهربائي المطبق
  - عدد التعرضات المأخوذة بتتالي سريع
- وَحدة قياس الحرارة (HeatUnit) [Joule]: **وَحدة الكمون x وَحدة تيار الأنبوب x وَحدة الزمن**
- الحرارة المتولدة من أنواع مختلفة من دارات أنابيب الأشعة السينية هي:
  - وحدات الطور الواحد: HU = kV x mA x s
  - وحدات ثلاثية الطور، 6 نبضات HU = 1.35 kV x mA x s
  - وحدات ثلاثية الطور، 12 نبضة HU = 1.41 kV x mA x s

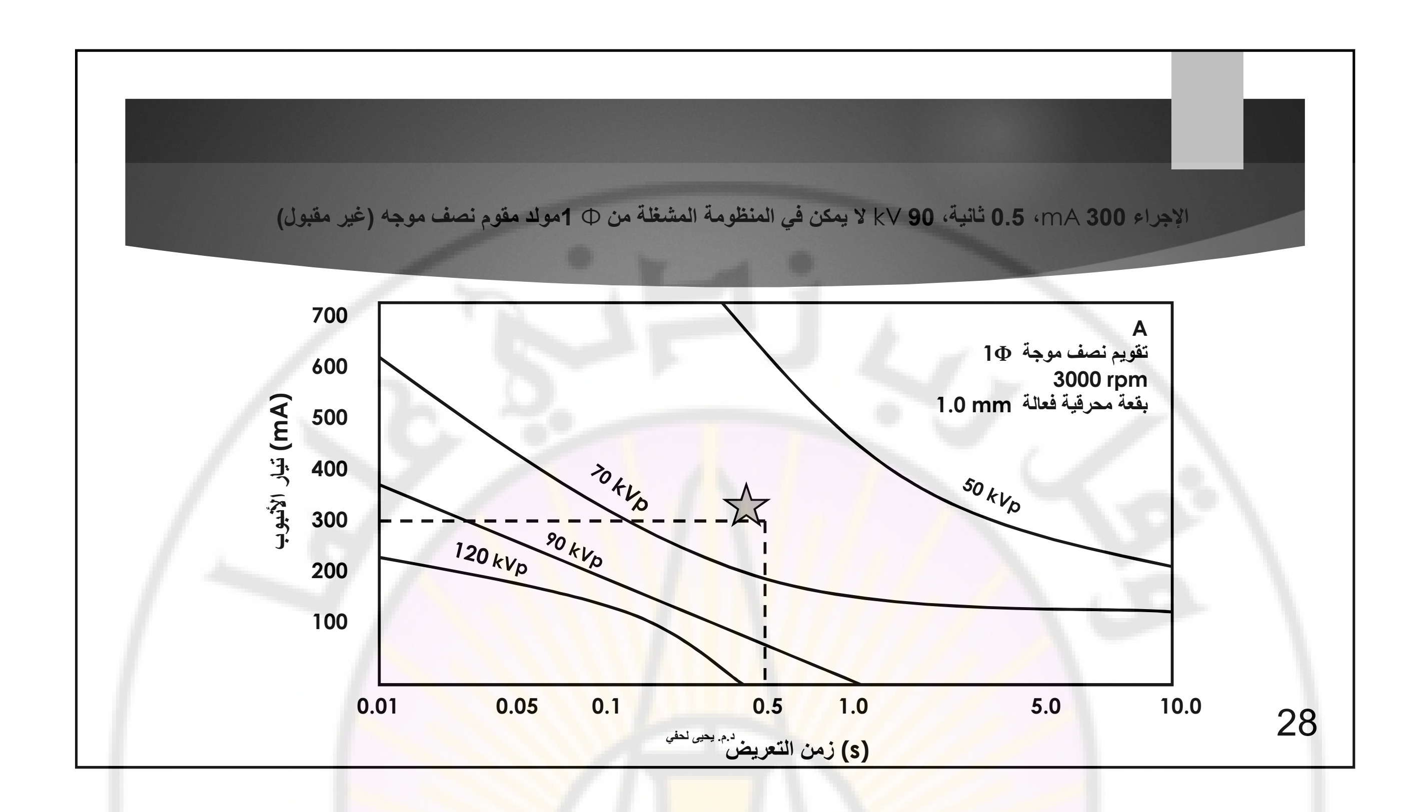
د.م. يحيى لحفي

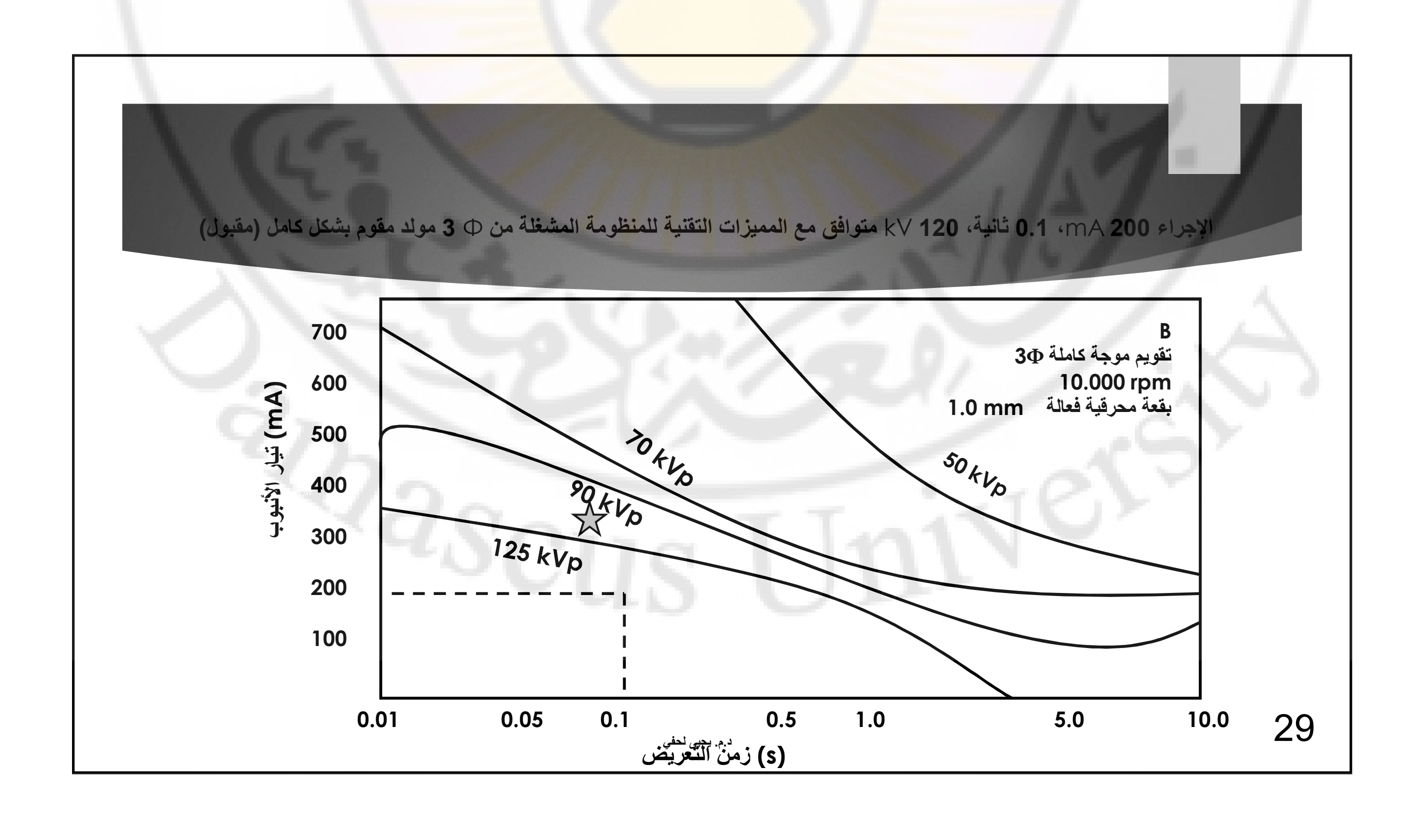
27

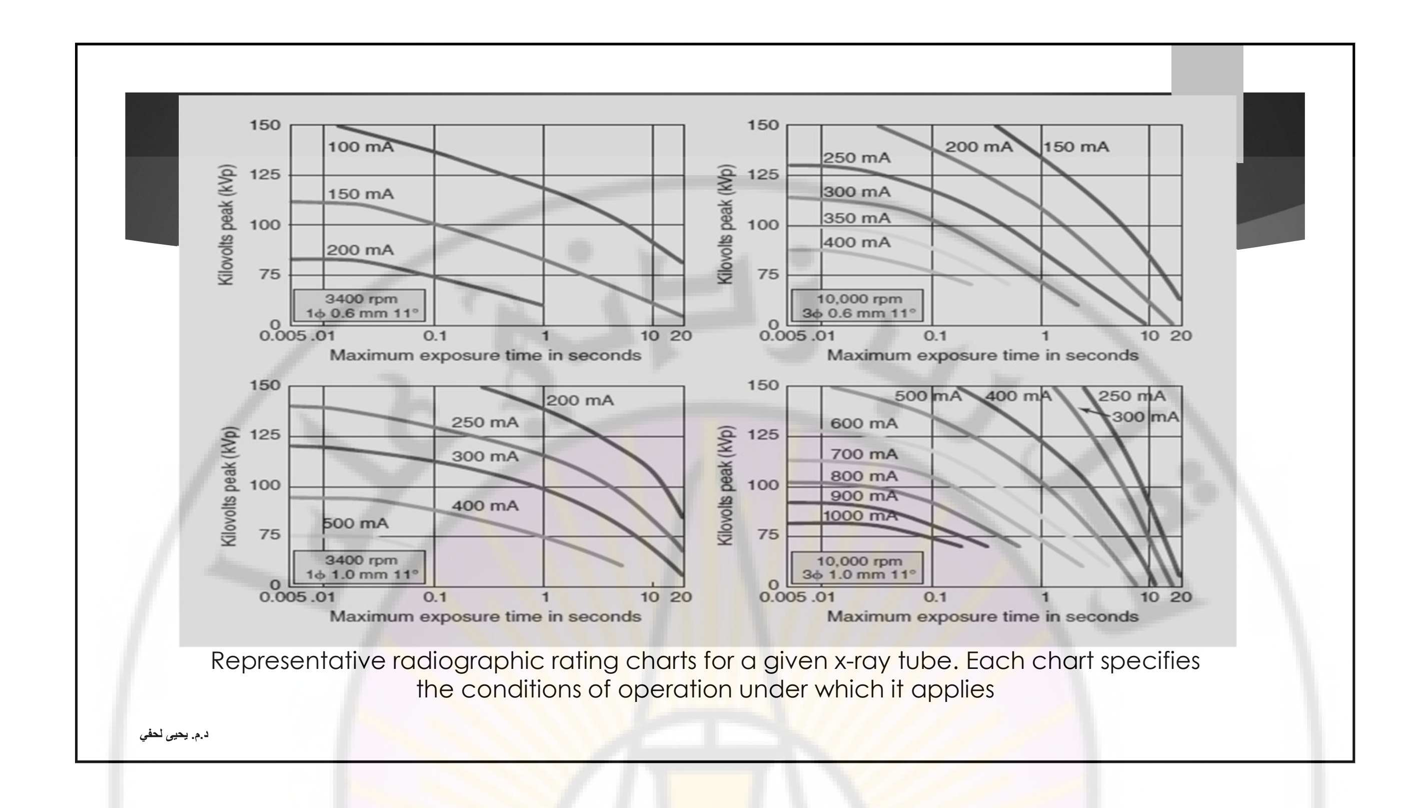
مخطط تقدير القيمة لأنبوب الأشعة السينية

- يجمع منتجو أنابيب أشعة -X مميزات الحمل الحراري ومعلومات حول محدودية أنابيبهم على شكل مخططات بيانية تدعى مخططات تقدير القيمة للأنبوب
- مثال:
- **الأنبوب A: الإجراء 300** mA، **0.5 ثانية، 90** kV **لا يمكن في المنظومة المشغلة من Φ 1مولد مقوم نصف موجه (غير مقبول)**
- **الأنبوب B: الإجراء 200** mA، **0.1 ثانية، 120** kV **متوافق مع المميزات التقنية للمنظومة المشغلة من a Φ 3 مولد مقوم بشكل كامل (مقبول)**

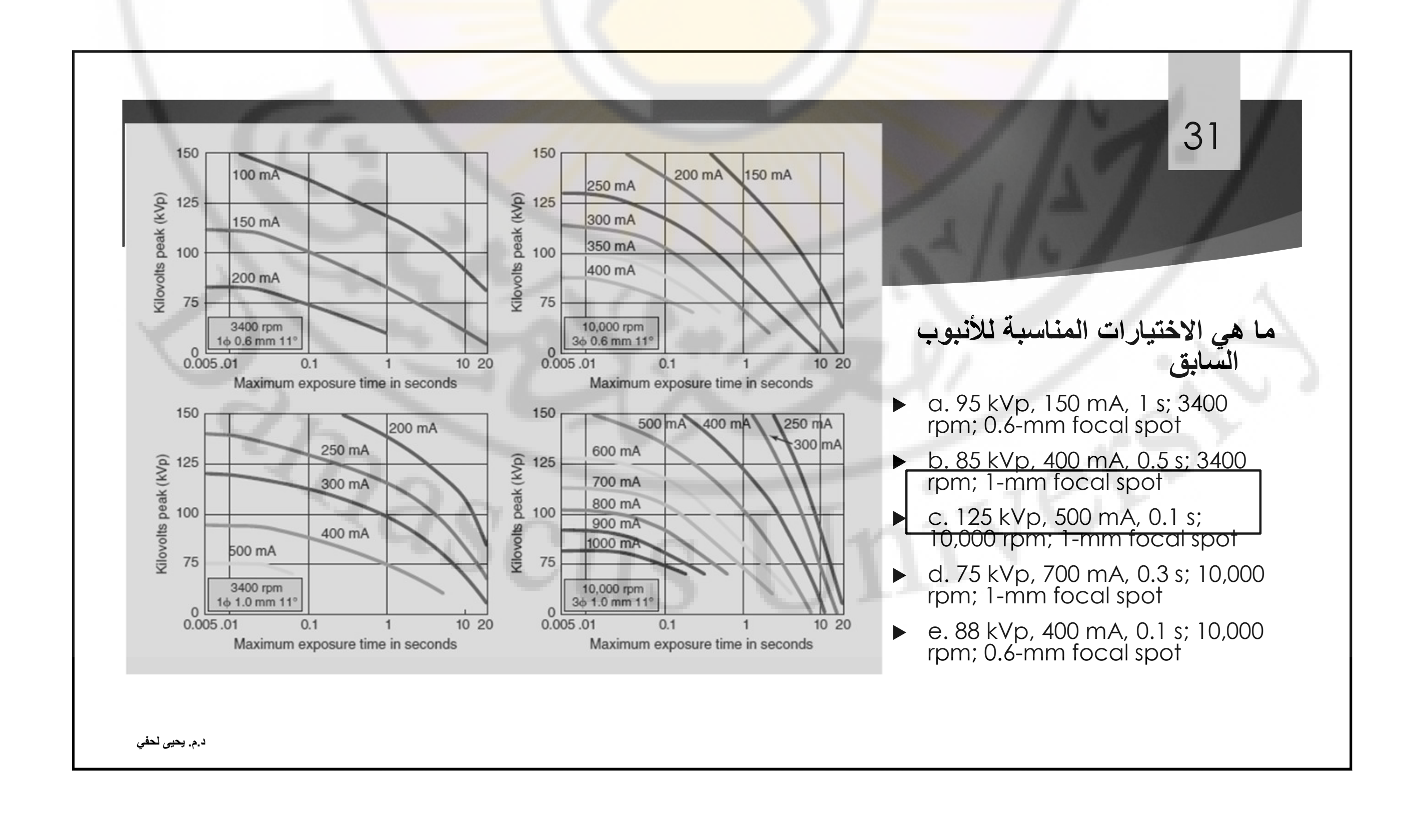
د.م. يحيى لحفي


الإجراء 300 mA، 0.5 ثانية، 90 kV لا يمكن في المنظومة المشغلة من Φ 1مولد مقوم نصف موجه (غير مقبول)
A
تقويم نصف موجة 1Φ
3000 rpm
بقعة محرقية فعالة 1.0 mm
700
600
500
400
300
200
100
تيار الأنبوب (mA)
70 kVp
50 kVp
90 kVp
120 kVp
0.01
0.05
0.1
0.5
1.0
5.0
10.0
زمن التعريض (s)
28

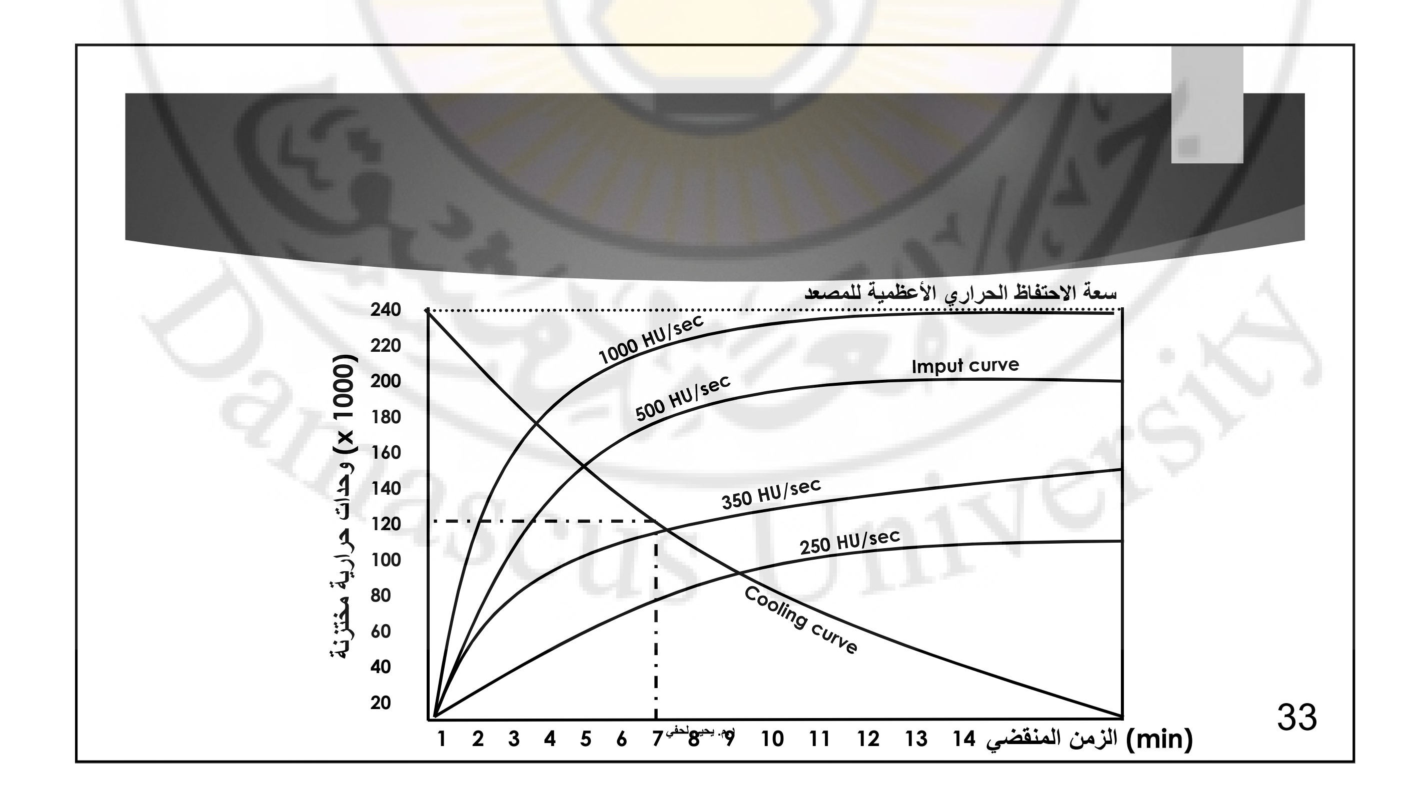

الإجراء 200 mA، 0.1 ثانية، 120 kV متوافق مع المميزات التقنية للمنظومة المشغلة من Φ 3 مولد مقوم بشكل كامل (مقبول)
B
تقويم موجة كاملة 3Φ
10.000 rpm
بقعة محرقية فعالة 1.0 mm
700
600
500
400
300
200
100
تيار الأنبوب (mA)
70 kVp
50 kVp
90 kVp
125 kVp
0.01
0.05
0.1
0.5
1.0
5.0
10.0
زمن التعريض (s)
29

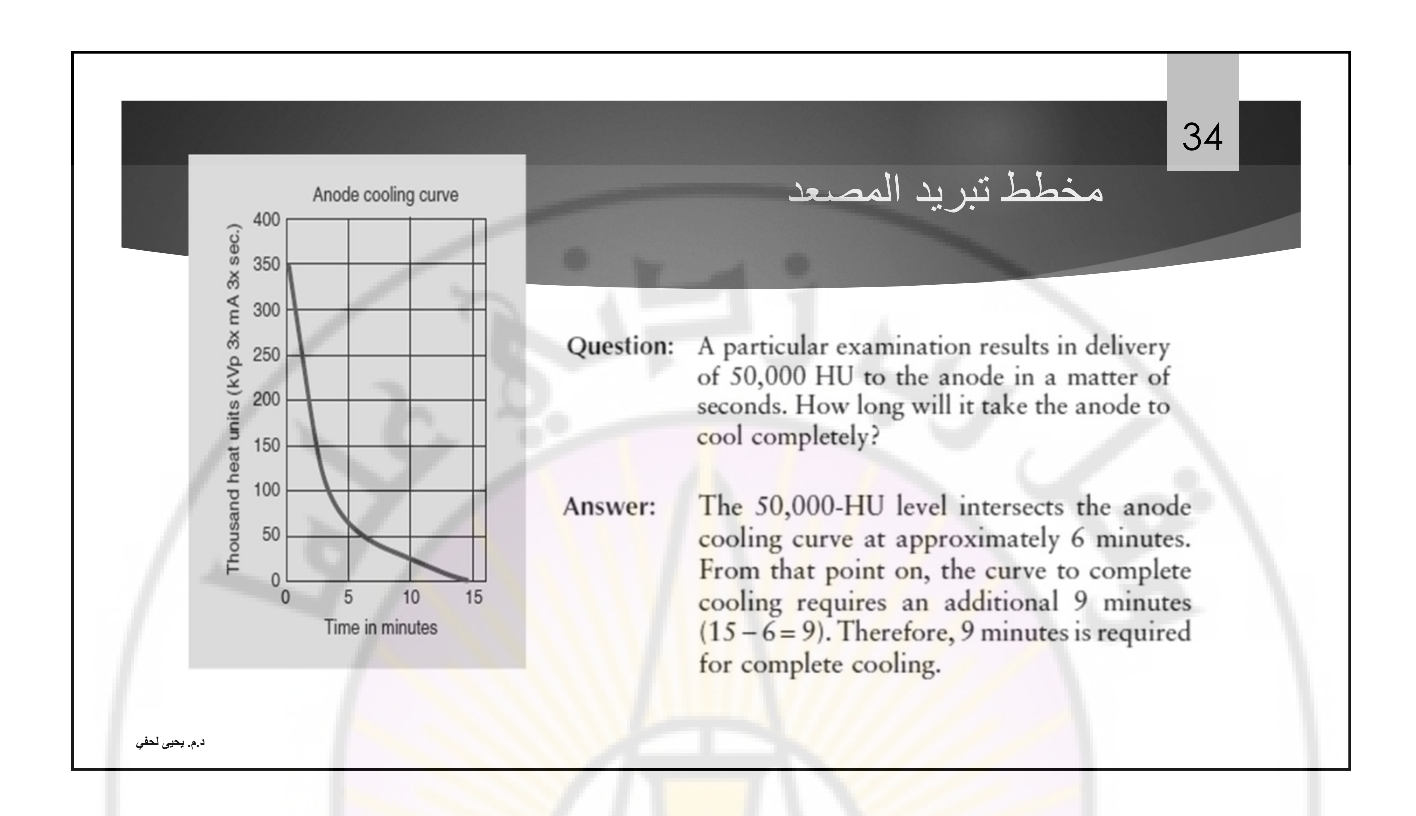


Representative radiographic rating charts for a given x-ray tube. Each chart specifies the conditions of operation under which it applies

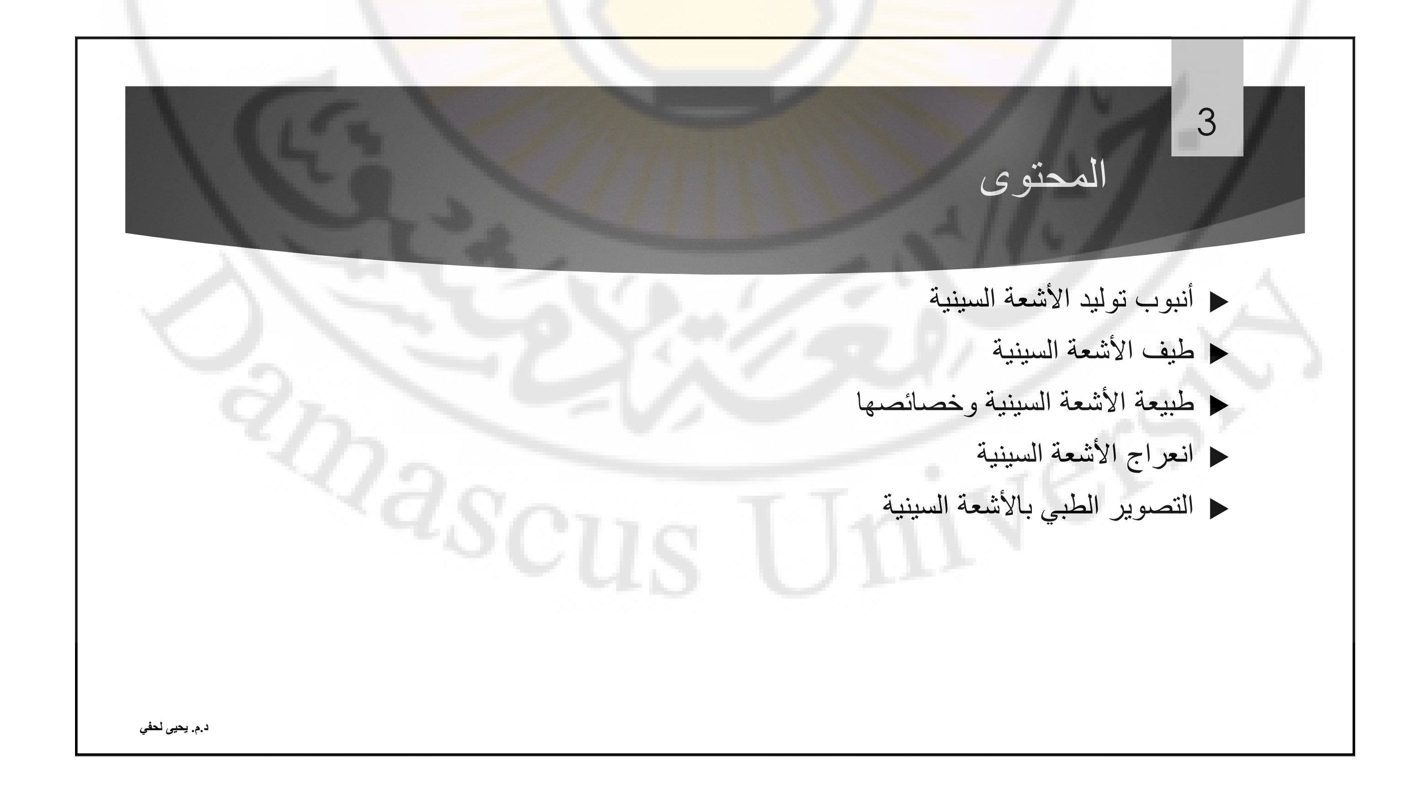



32
مخطط تبريد المصعد
يُحتفظ بالحرارة المتولدة في المصعد ويتم التخلص منها بدارة التبريد
لمخطط التبريد النموذجي:
منحنيات دخل (وحدات حرارة مخزونة كتابع للزمن)
منحني تبريد المصعد
تبين المنحنيات التالية أنه:
يمكن أن يستمر اجراء يولد 500 HU/S إلى اللانهاية
أما إذا كانت تولد 1000 HU/S فيجب أن توقف بعد 10 دقائق
إذا احتفظ المصعد على 120000 وحدة حرارية، فيحتاج إلى حوالي ≈ 5 دقائق ليبرد تماماً
د.م. يحيى لحفي

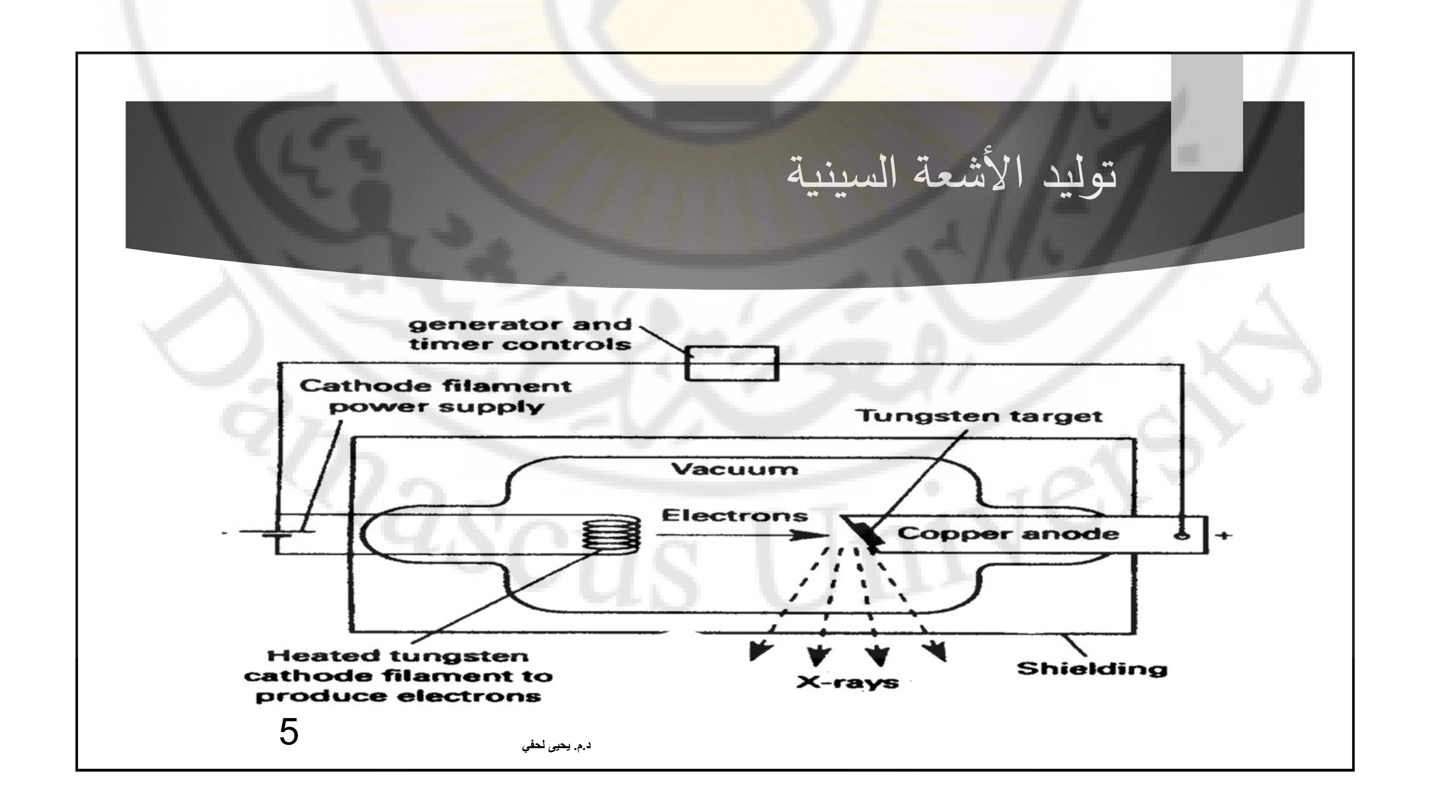

سعة الاحتفاظ الحراري الأعظمية للمصعد
1000 HU/sec
500 HU/sec
Imput curve
350 HU/sec
250 HU/sec
Cooling curve
(x 1000) وحدات حرارية مختزنة
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14
الزمن المنقضي (min)
33


34
مخطط تبريد المصعد
Anode cooling curve
Thousand heat units (kVp 3x mA 3x sec.)
400
350
300
250
200
150
100
50
0
0
5
10
15
Time in minutes
Question: A particular examination results in delivery of 50,000 HU to the anode in a matter of seconds. How long will it take the anode to cool completely?
Answer: The 50,000-HU level intersects the anode cooling curve at approximately 6 minutes. From that point on, the curve to complete cooling requires an additional 9 minutes (15 – 6 = 9). Therefore, 9 minutes is required for complete cooling.
د.م. يحيى لحفي

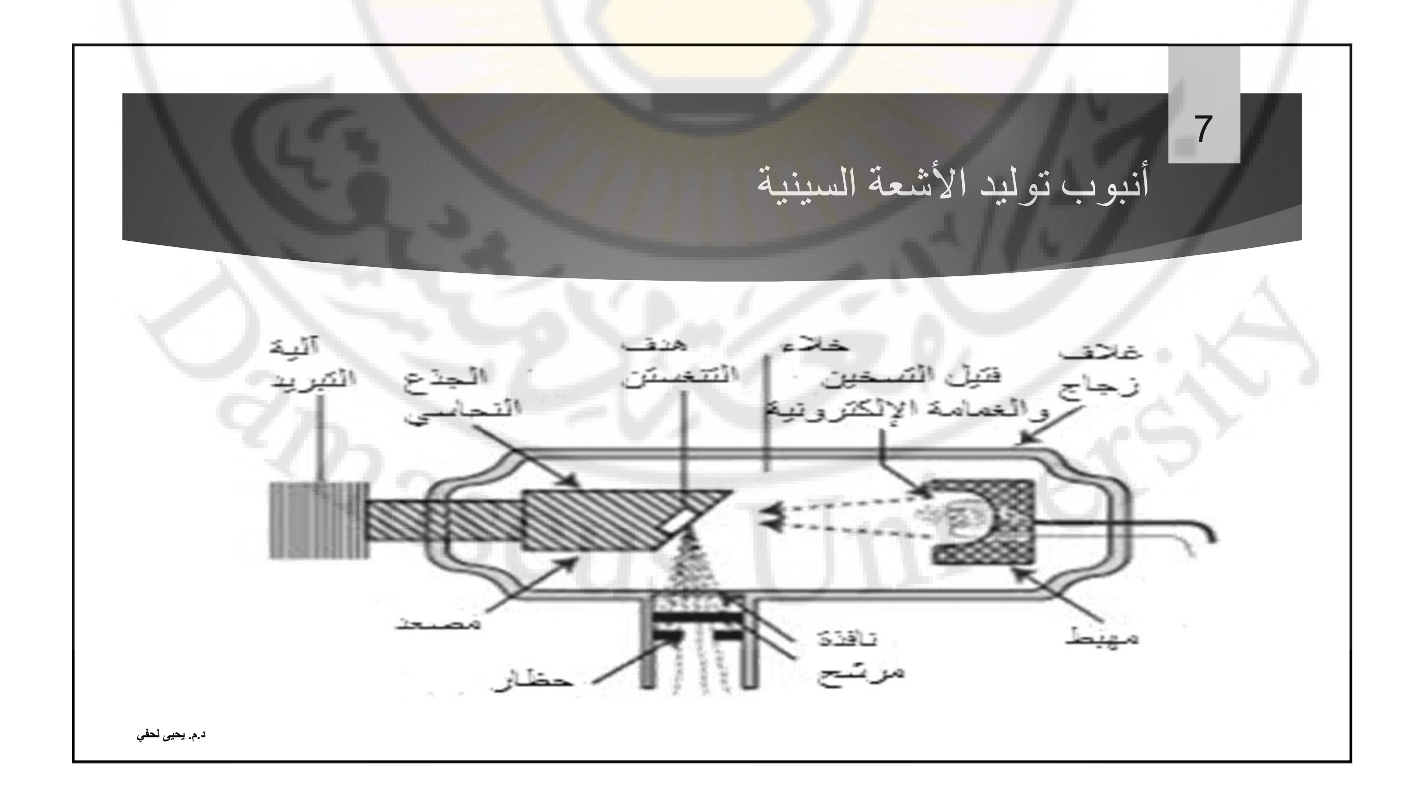

كلية العلوم الصحية
Damascus University
توليد الأشعة السينية
الدكتور المهندس يحيى لحفي
2022-2021


3
المحتوى
أنبوب توليد الأشعة السينية
طيف الأشعة السينية
طبيعة الأشعة السينية وخصائصها
انعراج الأشعة السينية
التصوير الطبي بالأشعة السينية
د.م. يحيى لحفي


4
الإشعاع المؤين
يقسم الإشعاع المؤين إلى قسمين رئيسيين:
الإشعاع الكهرومغناطيسي الصادر من:
المستوى الذري للمواد مثل الأشعة السينية x-ray
المستوى النووي وذلك أثناء التفكك النووي Radioactive decay مثل أشعة غاما Gamma Ray.
جسيمات مشحونة وتشمل:
الالكترونات فائقة السرعة (جسيمات بيتا β السالبة والموجبة).
جسيمات ألفا α (نوى الهيليوم).
البروتونات.
بالإضافة إلى جسيمات غير مشحونة أهمها النترونات السريعة والبطيئة وكلها تتولد أثناء التفاعلات النووية.
د.م. يحيى لحفي


توليد الأشعة السينية
generator and timer controls
Cathode filament power supply
Tungsten target
Vacuum
Electrons
Copper anode
Heated tungsten cathode filament to produce electrons
X-rays
Shielding
5
د.م. يحيى لحفي


6
أنبوب توليد الأشعة السينية
يتكون أنبوب توليد الأشعة السينية من لبوسين:
المهبط: سلك من التنغستين يؤدي تسخينه إلى تشكيل غمامة الكترونية يُتحكم بعدد الكتروناتها عبر التحكم بشدة تيار التسخين.
المصعد: يشكل الدريئة التي تكبح الإلكترونات المسرعة لتتولد الأشعة السينية عندها، ويكون المصعد عادة دواراً للتبريد.
يطبق فرق جهد كهربائي عالي ما بين 40 و 150 كيلو فولت بين المهبط والمصعد لتسريع الإلكترونات
د.م. يحيى لحفي


7
أنبوب توليد الأشعة السينية
آلية التبريد
الجذع النحاسي
هدف التنغستن
خلاء
فتيل التسخين والغمامة الإلكترونية
غلاف زجاج
مصعد
نافذة
مرشح
حظار
مهبط
د.م. يحيى لحفي

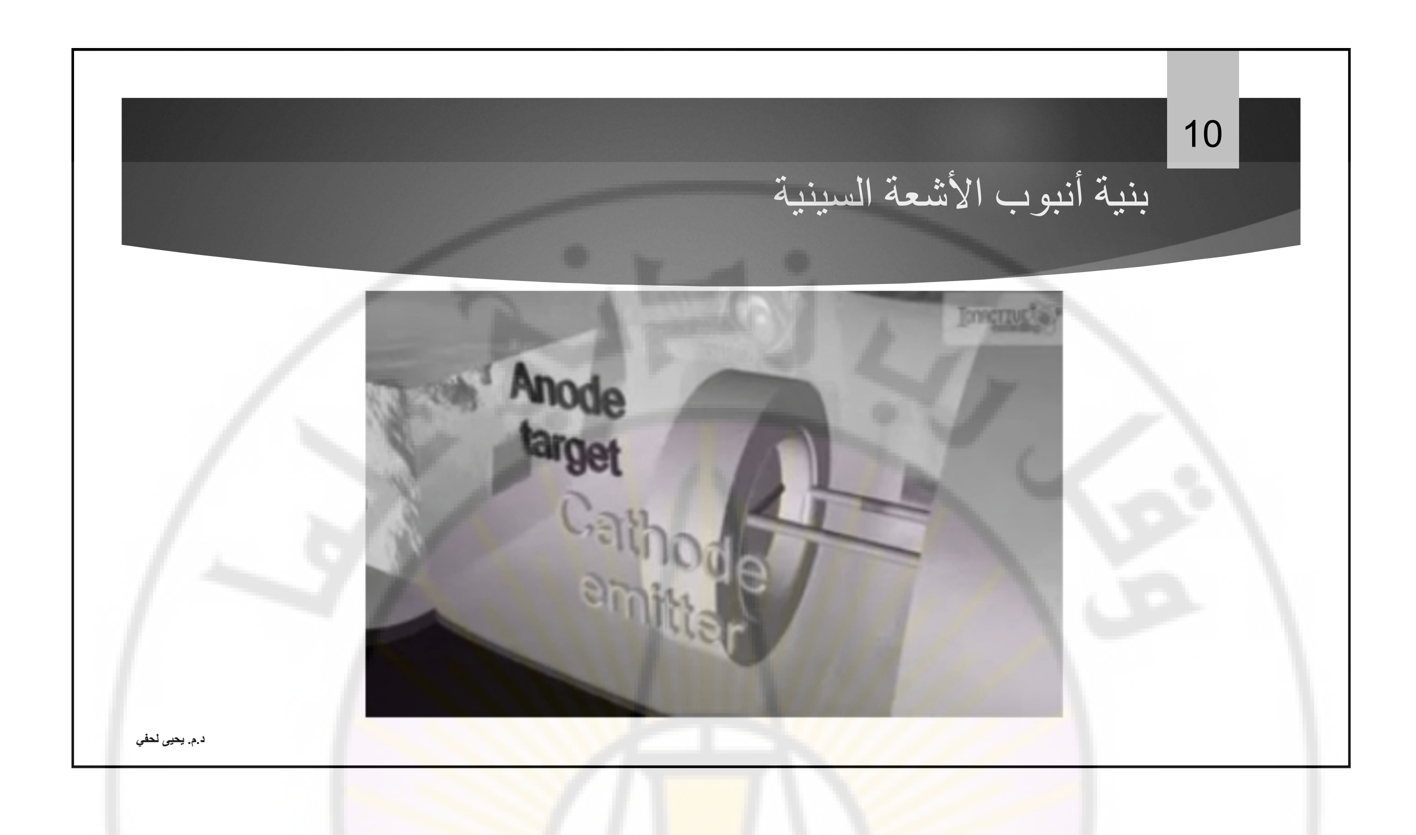
8

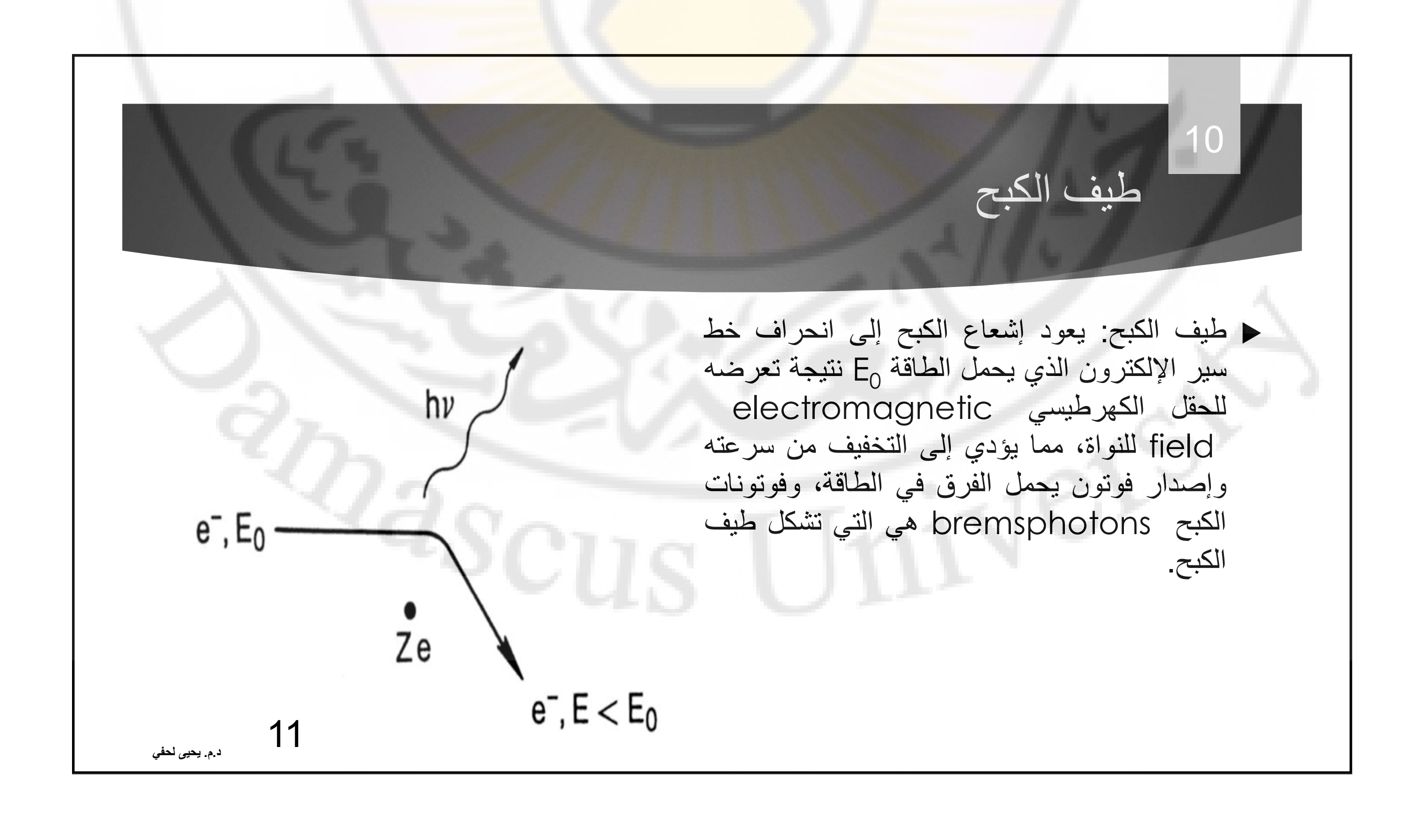
آلية توليد الأشعة السينية

- يتم تسخين سلك من التنغستين الموجود في تجويف المهبط بتمرير تيار كهربائي فيه، وعندما يصل السلك إلى درجة حرارة مناسبة تكتسب بعض الالكترونات طاقة حرارية كافية للتغلب على طاقة ارتباط الإلكترون بذرات مادة السلك ويتم إصدارها منه.
- يتم تسريع الالكترونات بعد ذلك بواسطة فرق الجهد المطبق بين المهبط والمصعد والذي يتم توليده عن طريق مولد للجهد العالي.
- تصطدم الالكترونات المسرعة بمادة المصعد حيث يتحول قسماً كبيراً من طاقتها إلى حرارة تعمل على تسخين المصعد وتتحول نسبة الطاقة المتبقية والصغيرة جداً إلى فوتونات أشعة سينية.
- تكون الأشعة المتولدة على شكلين إما أشعة كبح أو أشعة مميزة.

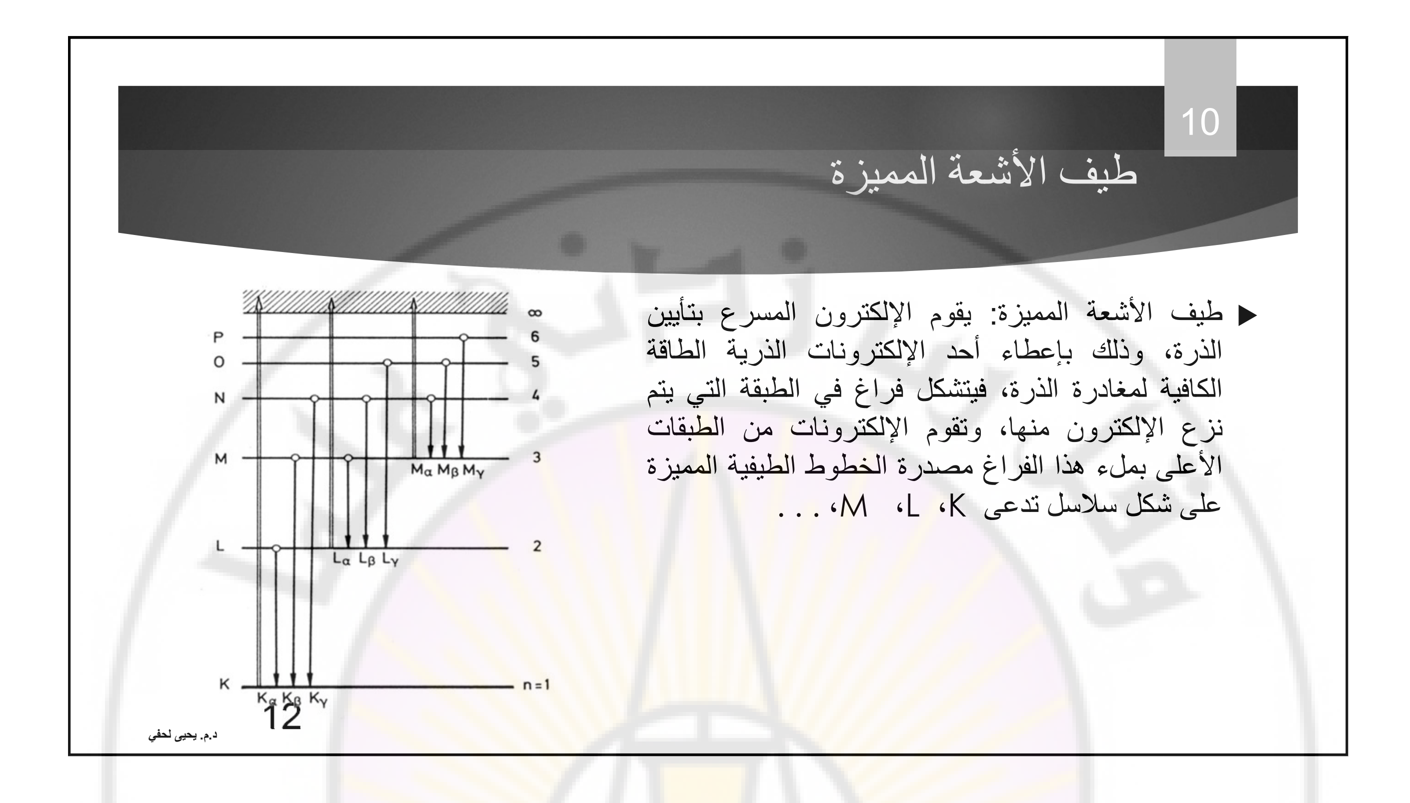
د.م. يحيى لحفي







- طيف الكبح: يعود إشعاع الكبح إلى انحراف خط سير الإلكترون الذي يحمل الطاقة E_0 نتيجة تعرضه للحقل الكهرطيسي electromagnetic field للنواة، مما يؤدي إلى التخفيف من سرعته وإصدار فوتون يحمل الفرق في الطاقة، وفوتونات الكبح bremsphotons هي التي تشكل طيف الكبح.

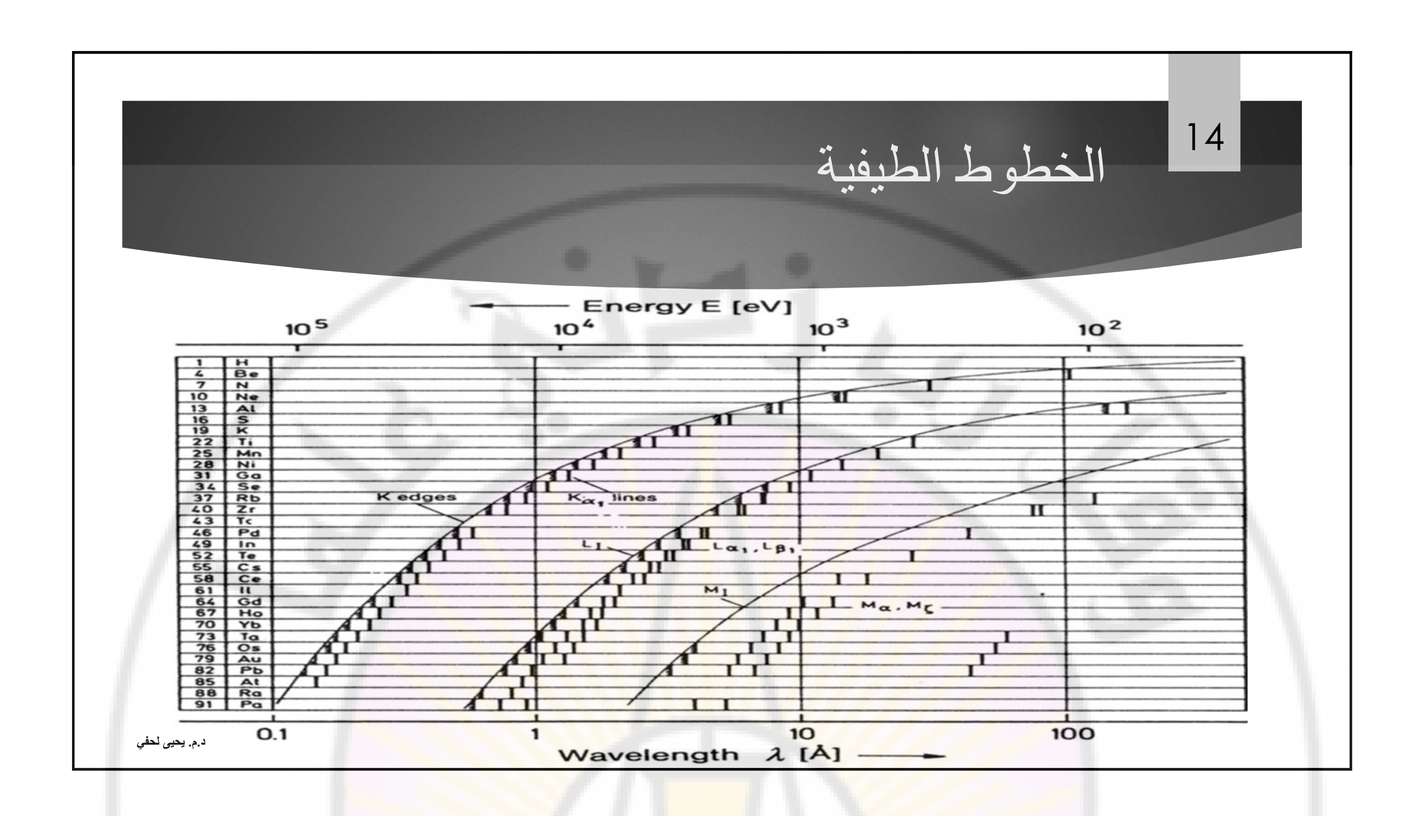


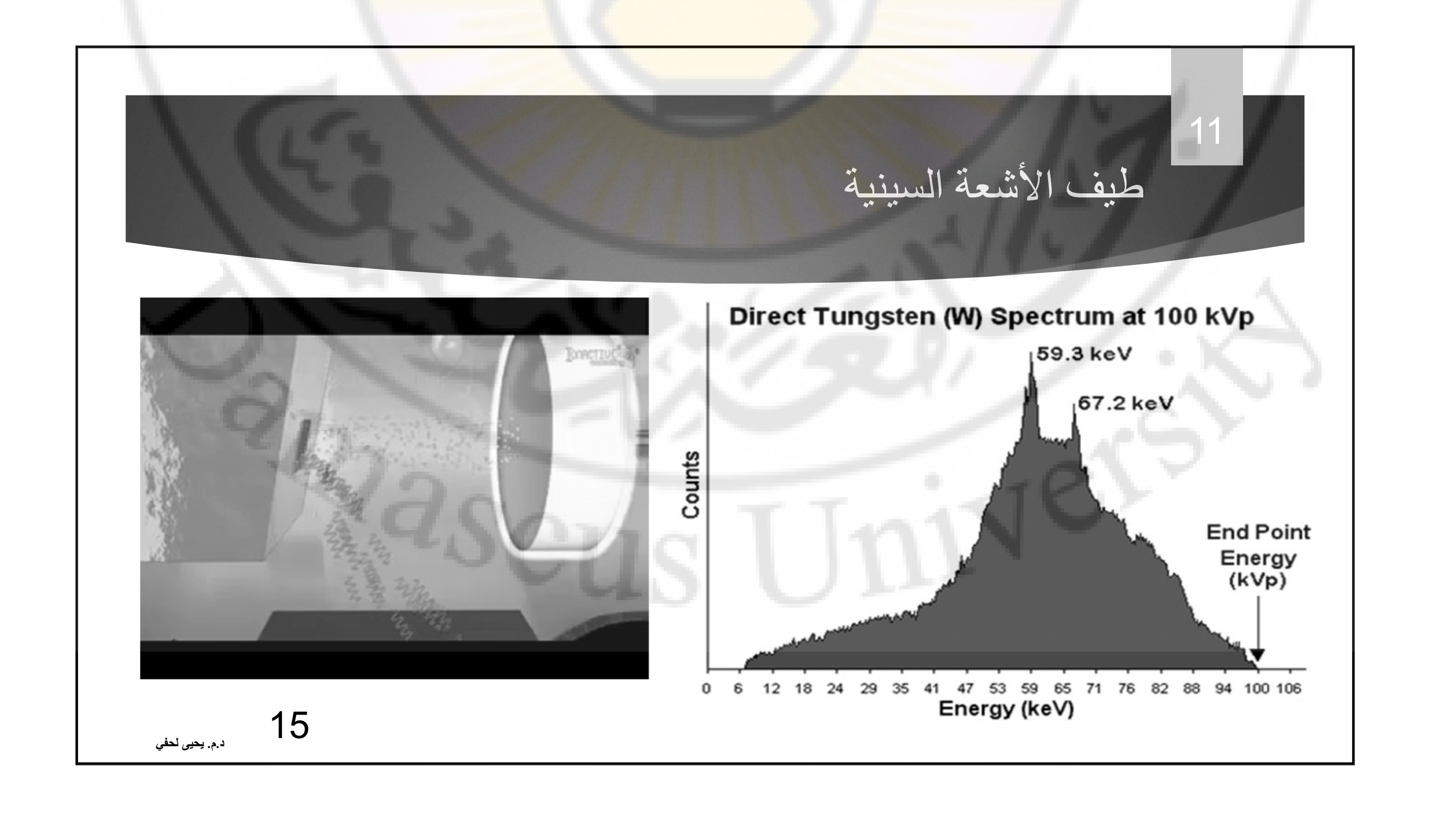
13

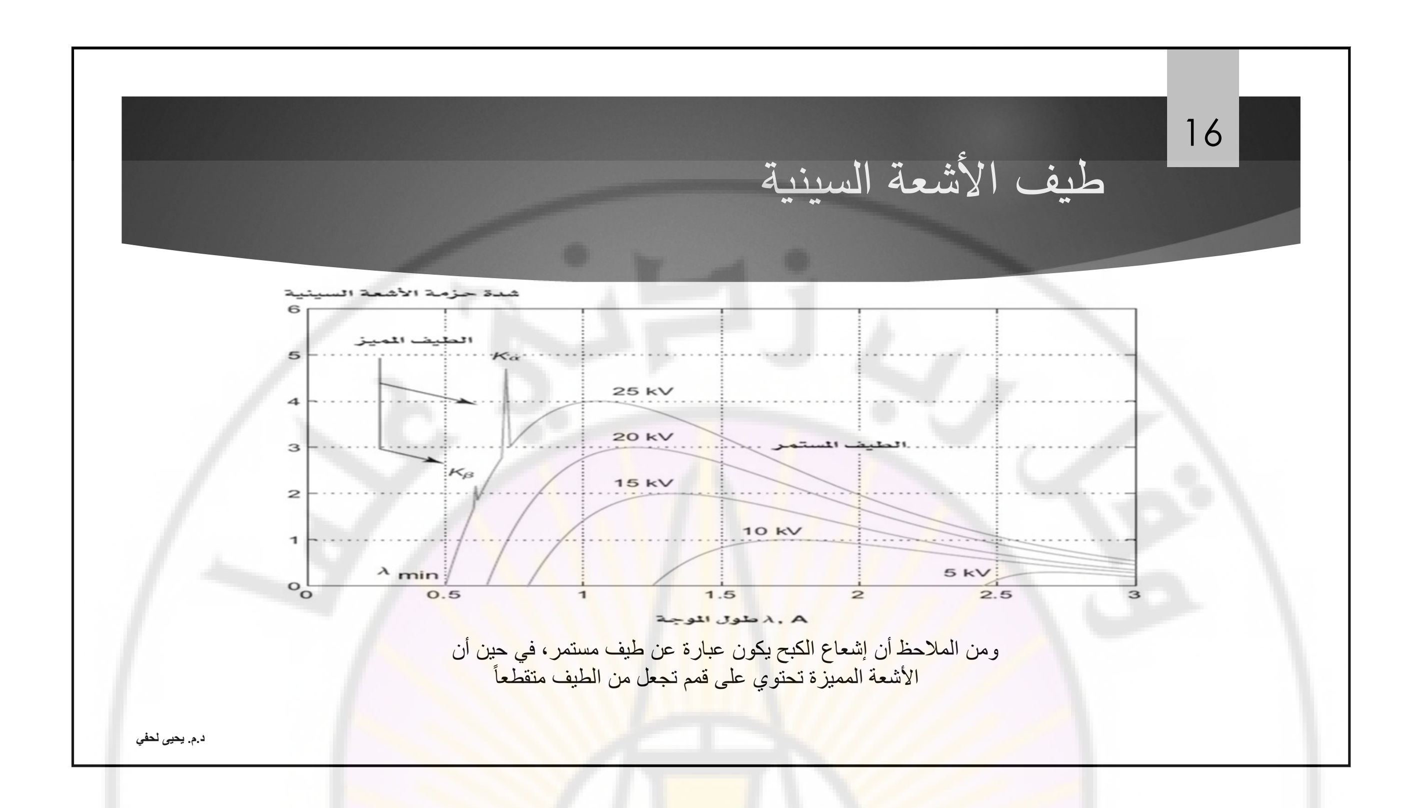
الخطوط الطيفية

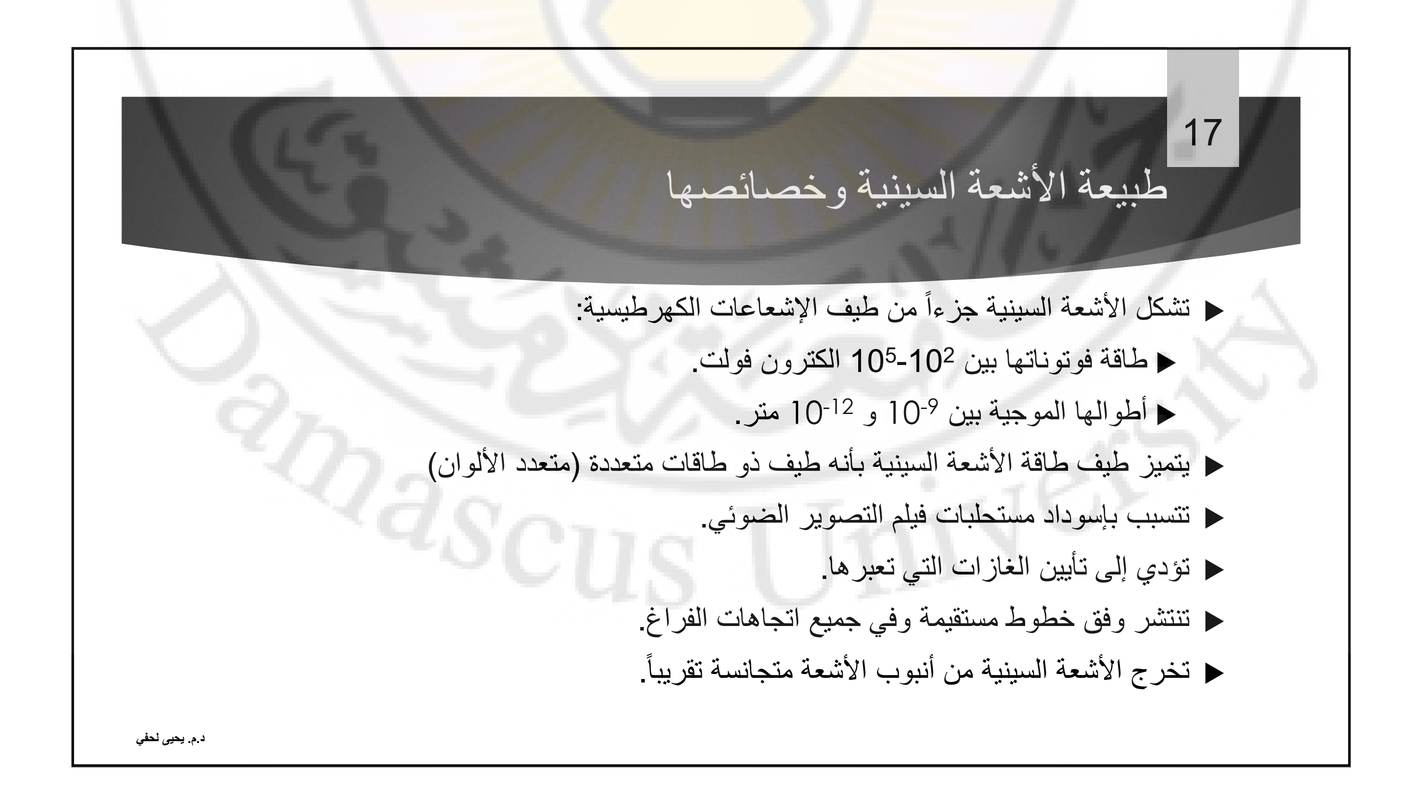
- عندما يتم نزع الإلكترون من الطبقة K (n=1) فإننا نحصل على سلسلة من خطوط الأشعة السينية تمثل الفروق في الطاقة بين هذه الطبقة والطبقات التي تعلوها.
- يسمى الخط الناتج عن الانتقال من الطبقة L (n=2) إلى الطبقة K بـ Kα ، والخط الناتج عن الانتقال من الطبقة M (n=3) إلى الطبقة K بـ Kβ، وهكذا.
- عندما يتم نزع الإلكترون من الطبقة L فإننا نحصل على سلسلة من الخطوط تمثل الفروق الطاقية بين الطبقة L والطبقات التي تعلوها، ويسمى الخط الطيفي الناتج عن الانتقال من الطبقة M إلى الطبقة L بـ Lα ، من الطبقة N إلى الطبقة L بـ Lβ، وهكذا. وتطلق تسميات مشابهة عند نزع الإلكترونات من الطبقات التي تلي الطبقة L كالطبقات M و N وغيرهما.
- نظراً لاختلاف السويات الطاقية بين عنصر وآخر، فإن طاقات الخطوط الطيفية المميزة تتباين من عنصر لآخر، ويمكن استخدام الخطوط الطيفية المميزة للأشعة السينية في تحديد العنصر الذي قام بإصدار هذه الأشعة المميزة. يوضح الشكل التالي المواقع الطيفية لخطوط الأشعة السينية المميزة لمختلف العناصر، ويلاحظ ازدياد طاقة سلسلة معينة مع ازدياد العدد الذري.

د.م. يحيى لحفي


14
الخطوط الطيفية
Energy E [eV]
K edges
Kα1 lines
Lα1, Lβ1
Mα, Mζ
Wavelength λ [Å]
د.م. يحيى لحفي


11
طيف الأشعة السينية
Direct Tungsten (W) Spectrum at 100 kVp
59.3 keV
67.2 keV
Counts
End Point Energy (kVp)
Energy (keV)
15
د.م. يحيى لحفي


16
طيف الأشعة السينية
شدة حزمة الأشعة السينية
الطيف المميز
الطيف المستمر
25 kV
20 kV
15 kV
10 kV
5 kV
λ min
λ, A طول الموجة
ومن الملاحظ أن إشعاع الكبح يكون عبارة عن طيف مستمر، في حين أن
الأشعة المميزة تحتوي على قمم تجعل من الطيف متقطعاً
د.م. يحيى لحفي


17
طبيعة الأشعة السينية وخصائصها
تشكل الأشعة السينية جزءاً من طيف الإشعاعات الكهرطيسية:
طاقة فوتوناتها بين 10^2-10^5 الكترون فولت.
أطوالها الموجية بين 10^{-9} و 10^{-12} متر.
يتميز طيف طاقة الأشعة السينية بأنه طيف ذو طاقات متعددة (متعدد الألوان)
تتسبب بإسوداد مستحلبات فيلم التصوير الضوئي.
تؤدي إلى تأيين الغازات التي تعبرها.
تنتشر وفق خطوط مستقيمة وفي جميع اتجاهات الفراغ.
تخرج الأشعة السينية من أنبوب الأشعة متجانسة تقريباً.
د.م. يحيى لحفي

18

تخامد الأشعة السينية في المادة

- تتخامد الأشعة السينية لدى عبورها الجسم ذاتياً، وبشكل طردي مع مربع البعد عن منبعها وتبعاً للطاقة التي تحملها:
  - امتصاص بالمفعول الكهرضوئي
  - مفعول كومبتون
  - توليد الأزواج
- عندما تخترق حزمة من الأشعة السينية ثخانة كبيرة من النسج الرخوة فإنه يتولد إشعاعاً ثانوياً منتثراً في جميع اتجاهات الفراغ والذي يزيد من التشويش في الصورة الشعاعية ويضعف من تباينها.

د.م. يحيى لحفي

19

تخامد الأشعة السينية في المادة

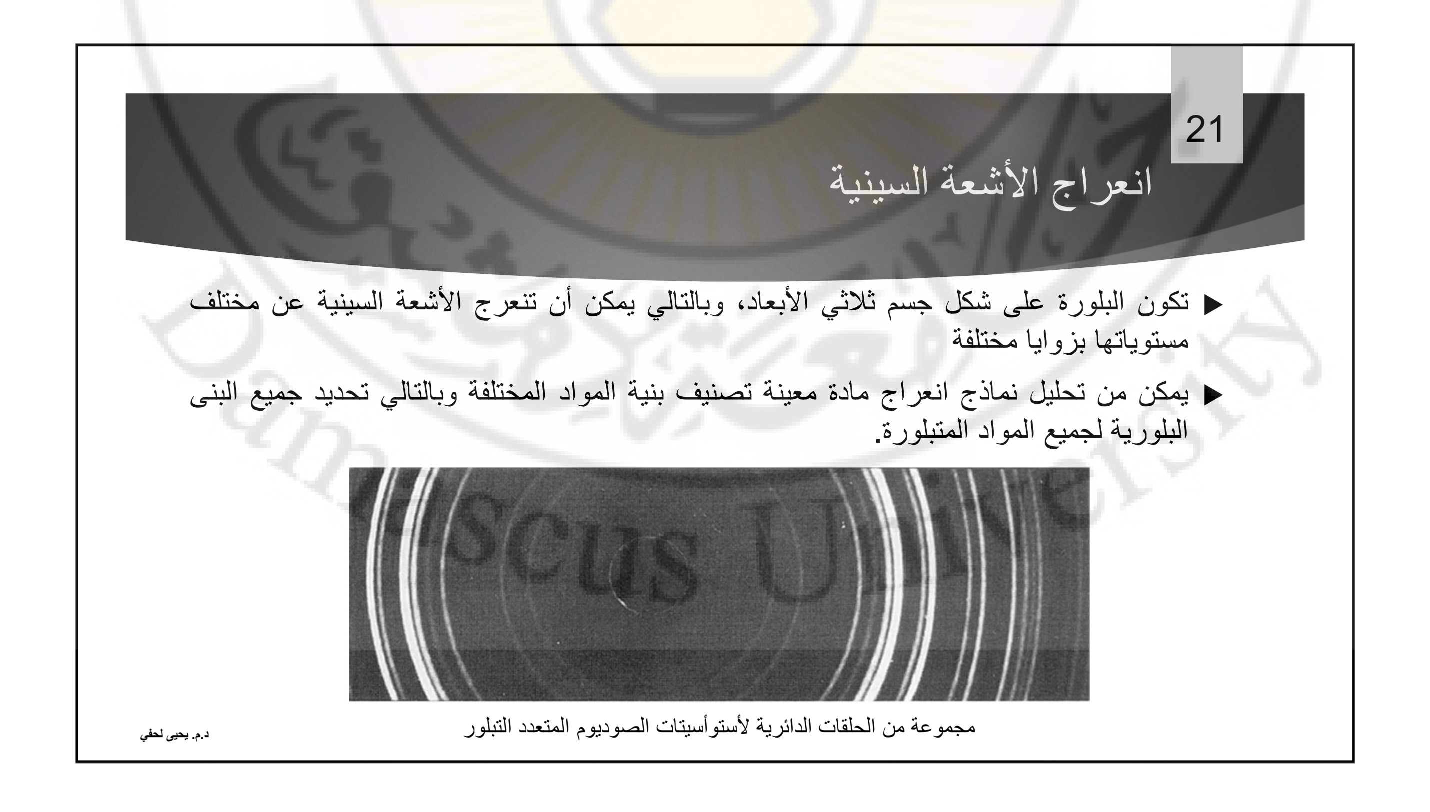
- يزداد تخامد الأشعة السينية (امتصاصها) بازدياد طول مسارها في المادة ويخضع للعلاقة:

$$I_x = I_o e^{-\mu x}$$

  - I_o الشدة الابتدائية لحزمة الأشعة.
  - I_x شدة حزمة الأشعة بعد مرورها لمسافة x ضمن المادة.
  - μ معامل التخامد للمادة ويتعلق بـ:
    - العدد الذري لمكوناتها
    - كثافتها.
    - طاقة الإشعاع الوارد.

د.م. يحيى لحفي


20
انعراج الأشعة السينية
تنعرج الأشعة السينية ضمن البنى الذرية البلورية حيث تكون الذرات مرتبة فراغياً على شكل صفيف منتظم
تقوم البنية البلورية مقام شبكة الانعراج للأطوال الموجية القصيرة جداً من مرتبة 10^{-10} متر، حيث أن الأبعاد بين الذرات في البلورة تقابل الفتحات في شبكات الانعراج الضوئية
تظهر الأشعة المنتشرة عن بلورة نموذج انعراج بنهايات عظمى ونهايات صغرى.
د.م. يحيى لحفي


21
انعراج الأشعة السينية
تكون البلورة على شكل جسم ثلاثي الأبعاد، وبالتالي يمكن أن تنعرج الأشعة السينية عن مختلف مستوياتها بزوايا مختلفة
يمكن من تحليل نماذج انعراج مادة معينة تصنيف بنية المواد المختلفة وبالتالي تحديد جميع البنى البلورية لجميع المواد المتبلورة.
مجموعة من الحلقات الدائرية لأستوأسيتات الصوديوم المتعدد التبلور
د.م. يحيى لحفي



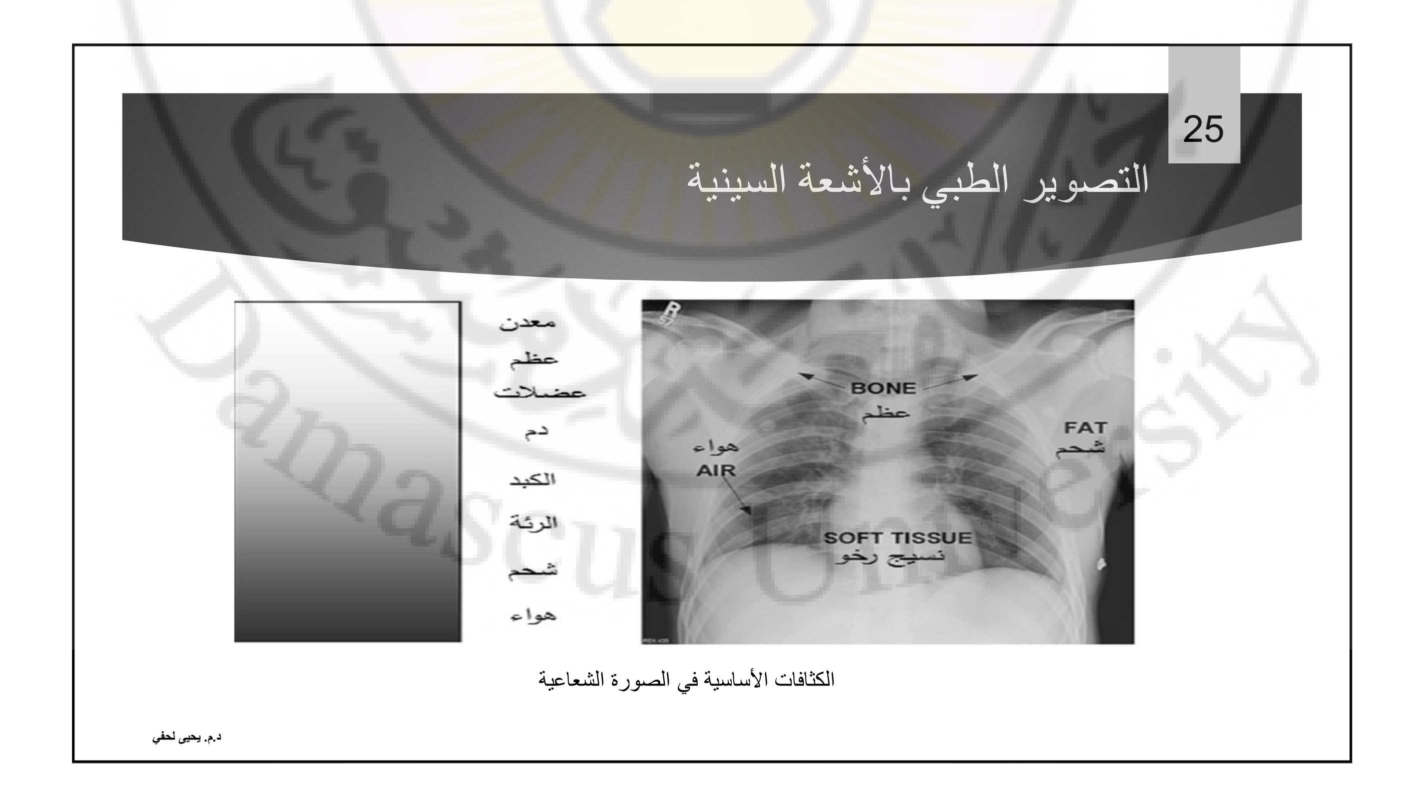
23

التصوير الطبي بالأشعة السينية

- يعتمد التصوير الشعاعي على تخامد حزمة الأشعة السينية في الجسم المدروس تبعاً لامتصاصه لها.
- يستعمل في فحص الصدر والهيكل العظمي ويدعى ذلك بالتصوير الشعاعي البسيط.
- يستخدم في التنظير الشعاعي التقليدي شاشة متفلورة تحدث صورة مضيئة بتأثير الأشعة السينية ويسمح بدراسة بنى الجسم المصورة بشكل ديناميكي، ولزيادة الدقة وتخفيض الجرعة الإشعاعية استبدلت الشاشات المتفلورة بمعززات للصورة Image Intensifier أو بكواشف رقمية للإشعاع مصنوعة من مواد نصف ناقلة Flat Panel كما هو الحال في التنظير الشعاعي الرقمي حالياً.
- تغلب التصوير المقطعي المحوسب منذ عام 1972 على عجز التصوير الإشعاعي التقليدي (البسيط والتنظيري) في تمييز أنسجة الدماغ والكبد والطحال والبنكرياس نظراً لطبيعة صوره الإسقاطية حيث أصبح بالإمكان تزويد الأطباء بصور لمقاطع عرضانية للجسم تتضح فيها كافة البنى التشريحية وتبايناتها.

د.م. يحيى لحفي


24
التصوير الشعاعي التقليدي
▶ يظهر مسقط العظام على الفيلم الشعاعي أبيض اللون نظراً لأن العظام توقف الأشعة السينية فلا تبلغ الفيلم لتسوده، ويكون مسقط النسج الرخوة على شكل تدرج من اللون الرمادي تبعاً لشدة امتصاصها للأشعة السينية.
▶ بقدر ما تكون أكثر امتصاصاً للأشعة السينية (أو بقدر ما يكون تخامد الأشعة السينية فيها أعلى) يكون مسقطها على الفيلم درجة من الرمادية أقرب إلى البياض.
▶ ما يزال التصوير الشعاعي الوسيلة التشخيصية الأكثر شيوعاً نظراً لجودة الصورة الناتجة مع إمكان الاحتفاظ بها وكذلك لانخفاض الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها للمريض.
منبع أشعة سينية
د.م. يحيى لحفي


25
التصوير الطبي بالأشعة السينية
معدن
عظم
عضلات
دم
الكبد
الرئة
شحم
هواء
BONE
عظم
FAT
شحم
هواء
AIR
SOFT TISSUE
نسيج رخو
الكثافات الأساسية في الصورة الشعاعية
د.م. يحيى لحفي


1
NOTICE
SILENCE
YOUR
CELL PHONE


كلية العلوم الصحية
Damascus University
تفاعلات الأشعة السينية مع المادة
الدكتور المهندس يحيى لحفي
2022-2021

3

المحتويات

- تفاعلات الأشعة السينية مع المادة
  - التبعثر المترابط Coherent Scattering
  - تبعثر كومبتون Compton Scattering
  - الأثر الكهرضوئي Photoelectric Effect
  - توليد الأزواج Pair Production
  - التفكك الضوئي Photodisintegration
- الامتصاص التفاضلي
  - ارتباطه بالعدد الذري
  - ارتباطه بكثافة الكتلة
- فحص التباين
- التخامد الأسي

د.م. يحيى لحفي

4

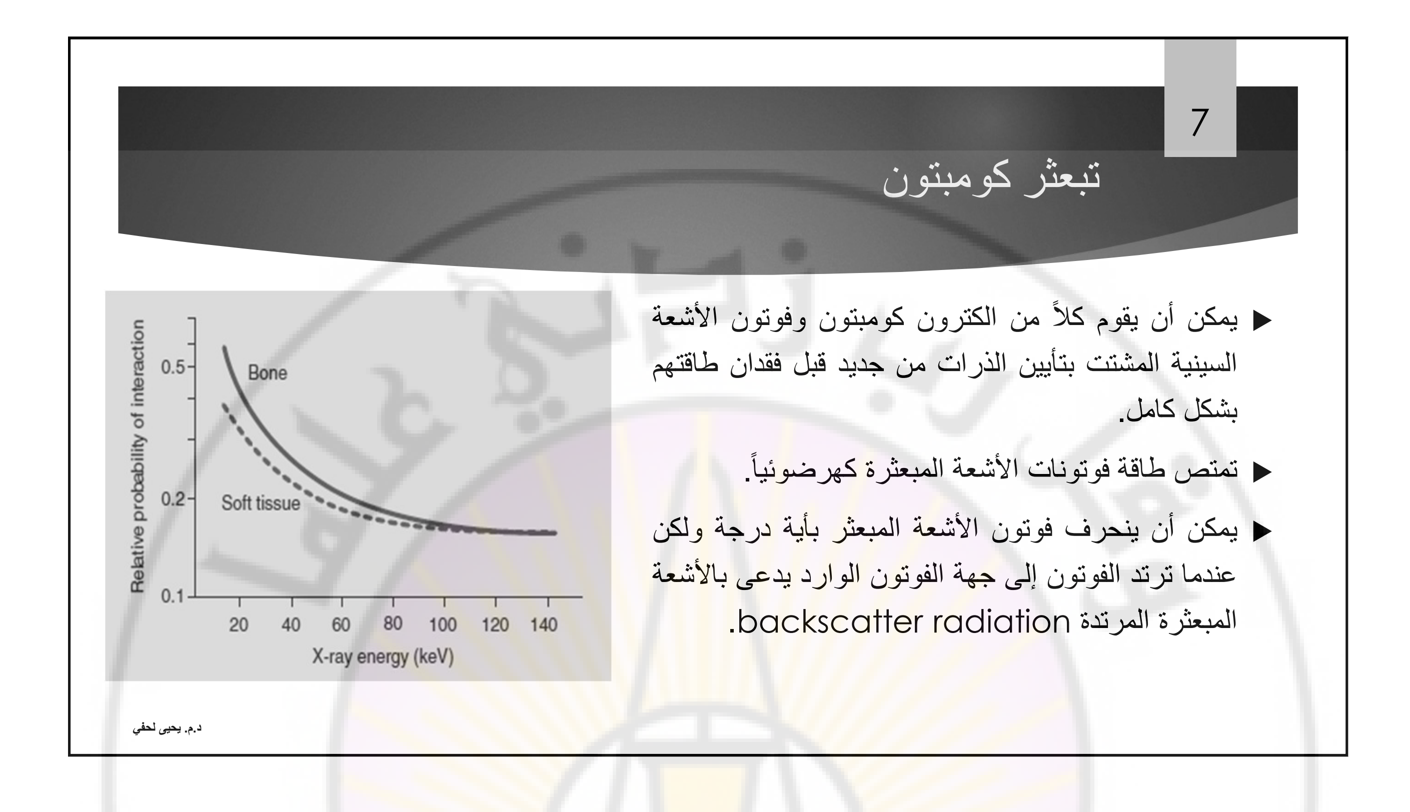
تفاعلات الأشعة السينية مع المادة

- تتفاعل الأشعة الكهرطيسية مع البنى المشابهة لها من حيث طول الموجة.
- طول موجة الأشعة السينية 10^{-8} إلى 10^{-9} متر، كلما ازدادت طاقة الأشعة السينية انخفض طول موجتها.
- الأشعة منخفضة الطاقة تتفاعل مع الذرة بشكل كامل، بينما تتفاعل الأشعة متوسطة الطاقة مع الكترونات الذرة، وتتفاعل الأشعة عالية الطاقة مع نواة الذرة.
- يكون تفاعل الأشعة السينية مع المادة وفقاً لما يلي:
  - التبعثر المترابط Coherent Scattering
  - تبعثر كومبتون Compton Scattering
  - المفعول الكهرضوئي Photoelectric Effect
  - توليد الأزواج Pair Production
  - التفكك الضوئي Photodisintegration

د.م. يحيى لحفي


5
التبعثر المترابط
يحصل عند طاقات للأشعة أقل من 10 كيلوفولت.
يتفاعل فوتون الأشعة مع ذرة كبيرة مسبباً إثارتها، مما يؤدي إلى توليد فوتون أشعة سينية مماثل في الطاقة للفوتون الوارد ومختلف عنه بالاتجاه.
لا ينتج تأيين عن هذا التفاعل.
ليس له أهمية في التصوير الشعاعي.
يتسبب بضجيج وانخفاض في تباين الصورة الشعاعية.
λ
Incident x-ray
λ'
λ = λ'
Scattered x-ray
د.م. يحيى لحفي


6
تبعثر كومبتون
تتفاعل فوتونات الأشعة مع الكترونات المدارات السطحية للذرات مسببة بتأيين الذرة وتشتيت فوتون الأشعة السينية.
Compton electron
λ
Incident x-ray
λ'
Angle of deflection
Scattered x-ray
λ < λ'
Question: A 30-keV x-ray ionizes an atom of barium by ejecting an O-shell electron with 12 keV of kinetic energy. What is the energy of the scattered x-ray?
the binding energy of an O-shell electron of barium is 0.04 keV
30 keV = Es + (0.04 keV + 12 keV)
Es = 30 keV − (0.04 keV + 12 keV)
= 30 keV − (12.04 keV)
= 17.96 keV
د.م. يحيى لحفي



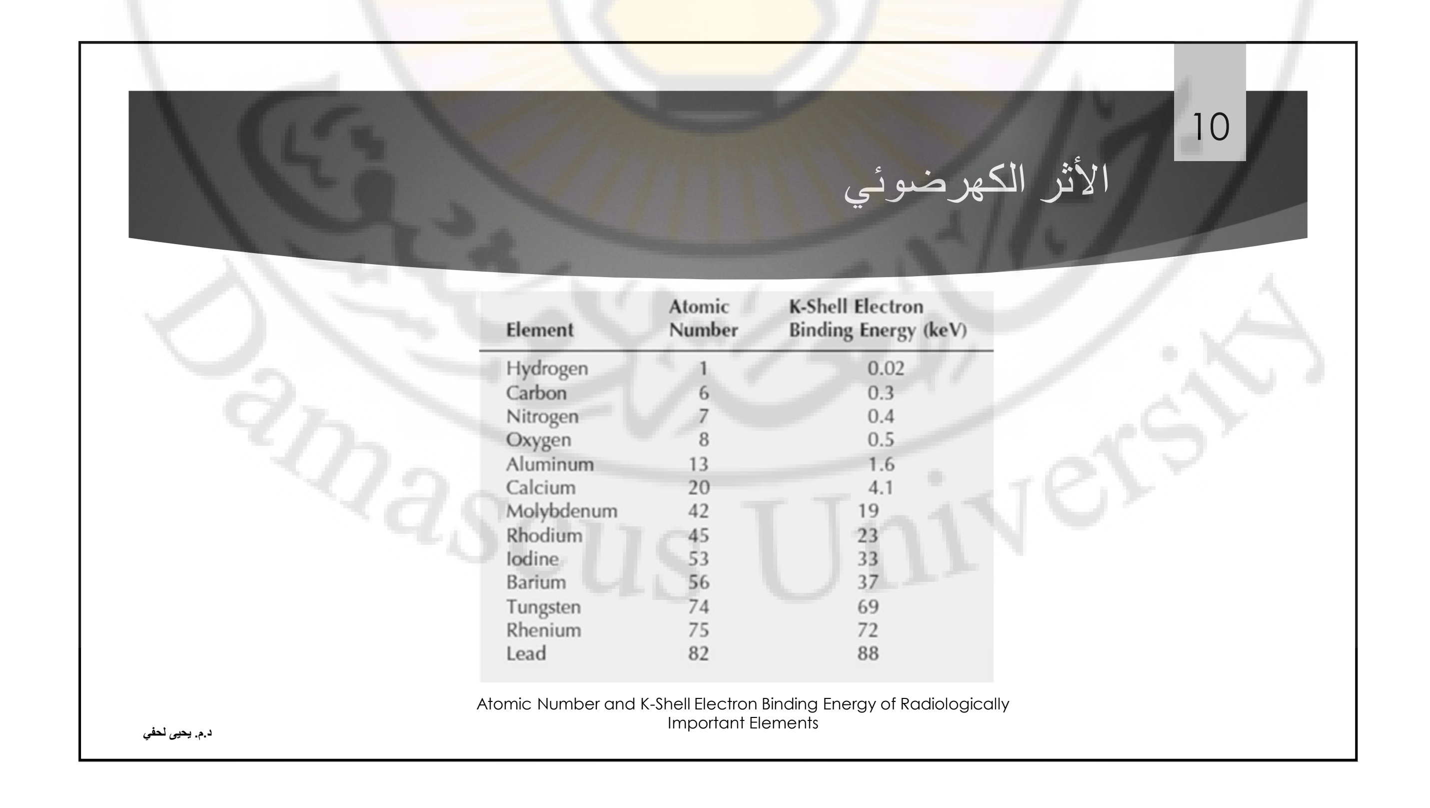
8 تبعثر كومبتون

- ينخفض احتمال تفاعل تبعثر كومبتون مع ازدياد طاقة فوتونات الأشعة السينية ولا يتعلق ذلك بالعدد الذري للمادة.
- يولد تبعثر كومبتون في التصوير الشعاعي كثافة ضوئية متجانسة مما يتسبب بانخفاض في تباين الصورة الشعاعية.
- ينتج عن تبعثر كومبتون في التصوير الشعاعي التنظيري جرعة إشعاعية مهنية للكادر الطبي المتواجد بالقرب من المريض.
- يتطلب وجود الأشعة المبعثرة القيام بتدريع غرف التصوير الشعاعي.

د.م. يحيى لحفي



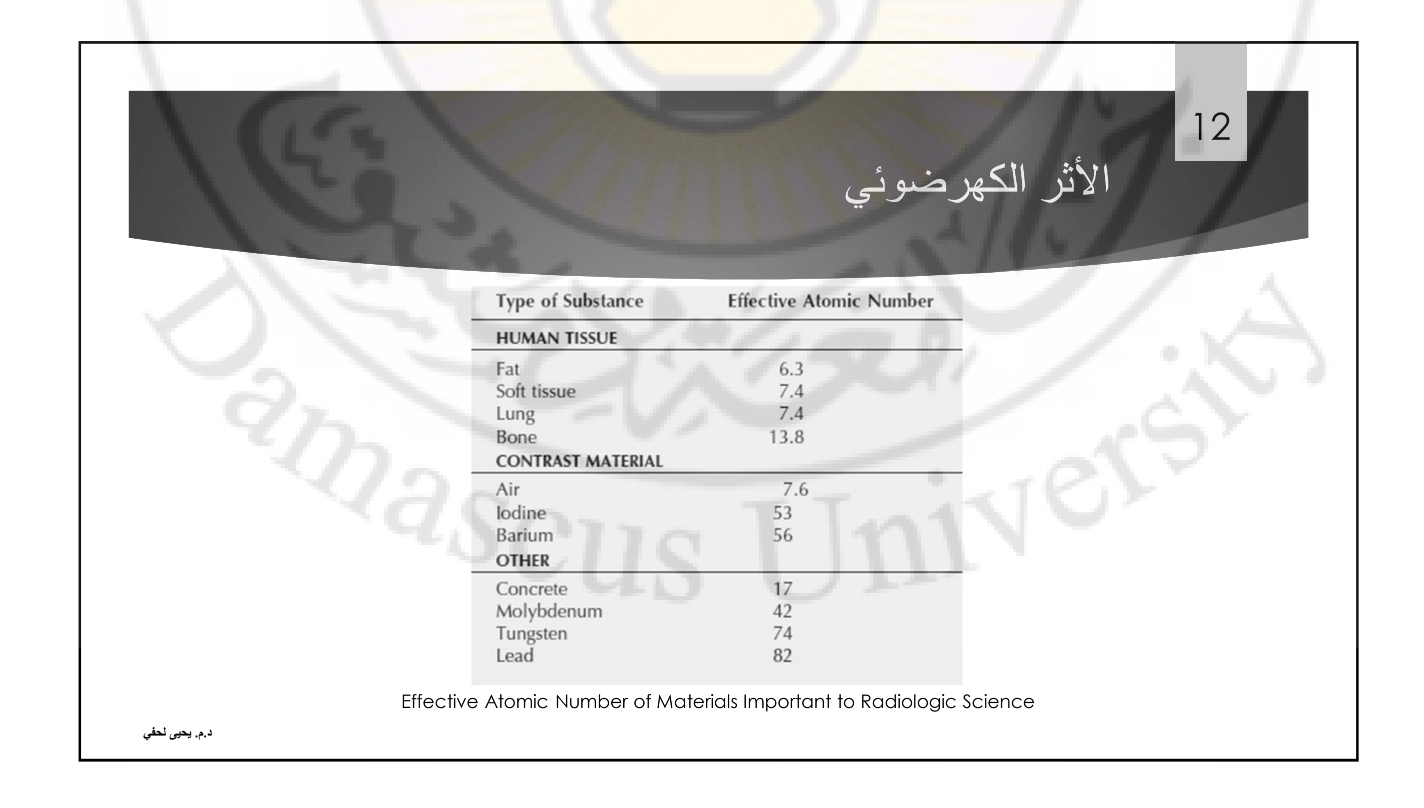
- لا تتبعثر الأشعة السينية وإنما تمتص بالكامل في الذرة حيث تتفاعل مع الكترونات المدارات الداخلية مسببة في تأينها، ويدعى الإلكترون المغادر للذرة بالفوتوالكترون وتكون طاقته مساوية للفرق ما بين طاقة فوتون الأشعة السينية الوارد وطاقة ارتباطه بالذرة.
- في المواد ذات العدد الذري المنخفض (الأنسجة الرخوة)، يصدر الإلكترون الضوئي بطاقة مساوية تقريباً لطاقة فوتون الإشعاع الوارد، في المواد ذات العدد الذري الكبير يصدر الإلكترون الضوئي بطاقة أقل نظراً لارتفاع قيمة طاقة ارتباطه بالذرة.
- تنتج عن ذلك توليد أشعة سينية مميزة بطاقة تساوي الفرق بين طاقتي الارتباط للمدارين (الذي غادر منه الإلكترون الضوئي والأعلى منه).



Element	Atomic Number	K-Shell Electron Binding Energy (keV)
Hydrogen	1	0.02
Carbon	6	0.3
Nitrogen	7	0.4
Oxygen	8	0.5
Aluminum	13	1.6
Calcium	20	4.1
Molybdenum	42	19
Rhodium	45	23
Iodine	53	33
Barium	56	37
Tungsten	74	69
Rhenium	75	72
Lead	82	88

Atomic Number and K-Shell Electron Binding Energy of Radiologically Important Elements



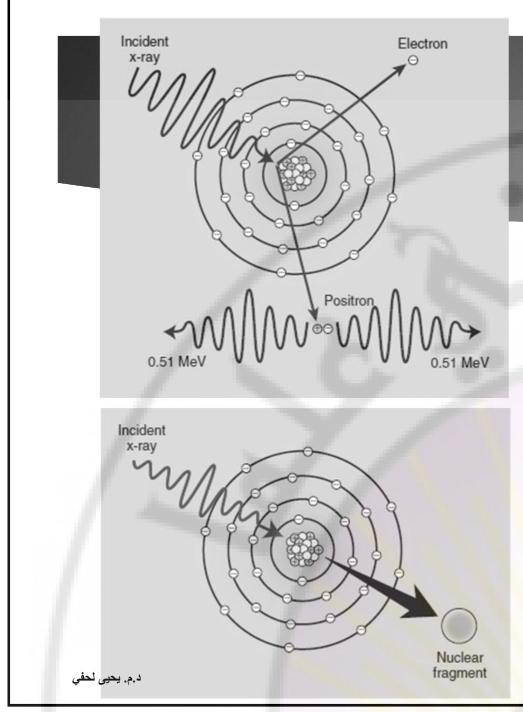


Type of Substance	Effective Atomic Number
HUMAN TISSUE	
Fat	6.3
Soft tissue	7.4
Lung	7.4
Bone	13.8
CONTRAST MATERIAL	
Air	7.6
Iodine	53
Barium	56
OTHER	
Concrete	17
Molybdenum	42
Tungsten	74
Lead	82

Effective Atomic Number of Materials Important to Radiologic Science

13

توليد الأزواج والتفكك الضوئي



- عندما تكون طاقة فوتون الأشعة السينية كبيرة (على الأقل 1.02 Mev) فيمكن ألا تؤثر على الكترونات الذرة وإنما تتأثر فقط بحقل نواتها والذي يؤدي إلى فناء الفوتون وتوليد زوج الكتروني متساوي في الطاقة (لكل منهما طاقة 0.511 keV) ومتعاكسين في الاتجاه.
- عندما تكون طاقة فوتون الأشعة السينية كبيرة جداً (أعلى من 10 Mev)، فيمكن أن تمتص طاقتها من قبل نواة الذرة مسببة إثارة لها مصدرة نكلون أو أكثر.
- هذه التفاعلات غير ممكنة في التصوير الشعاعي!

د.م. يحيى لحفي

14

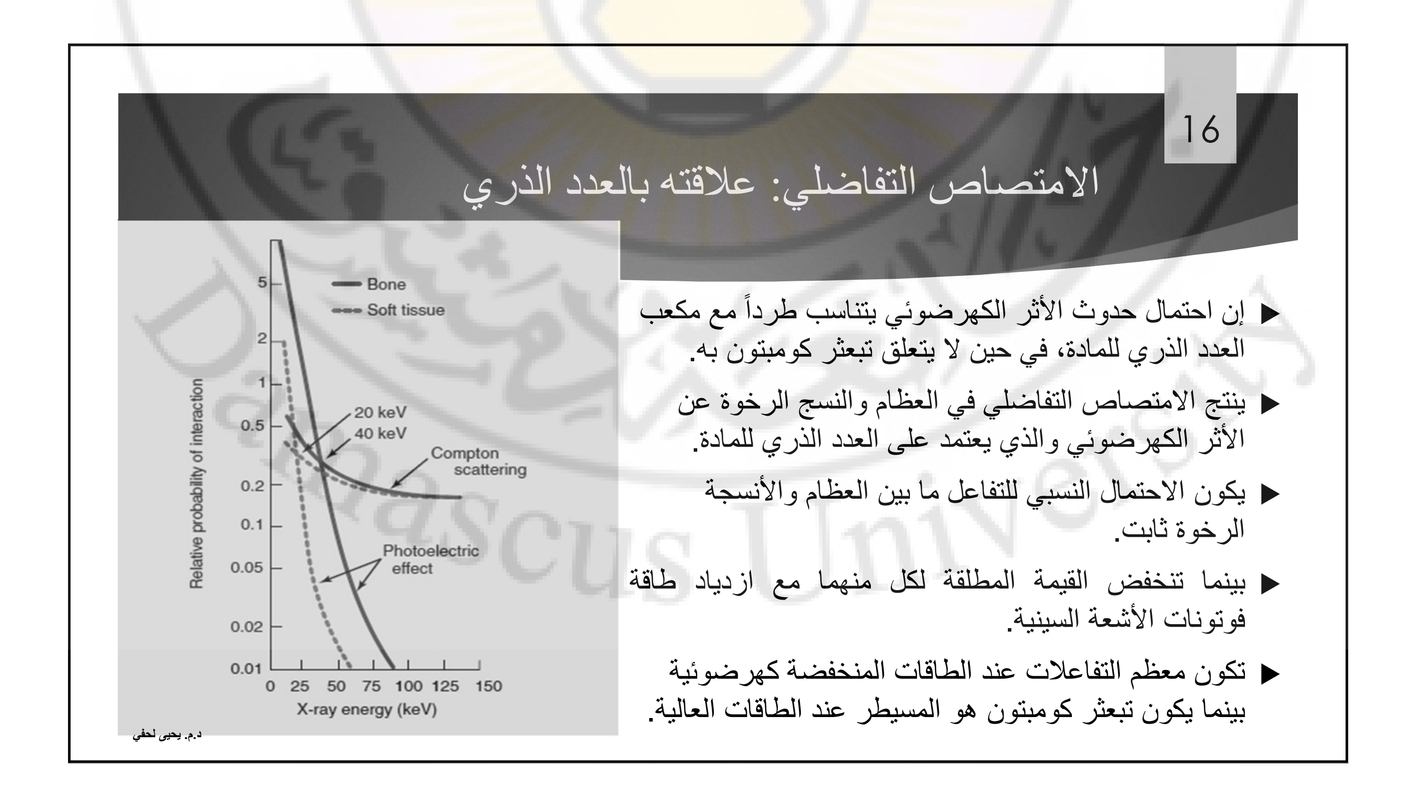
الامتصاص التفاضلي

- يحدث الامتصاص التفاضلي كنتيجة لـ: تبعثر كومبتون والأثر الكهرضوئي والأشعة النافذة من جسم المريض.
- يؤدي تبعثر كومبتون إلى تشكيل ضجيج في الصورة الشعاعية.
- يقدم تفاعل الأثر الكهرضوئي المعلومات التشخيصية في الصورة حيث لا تصل الفوتونات إلى مستقبل الصورة تاركة أثر المكونات التشريحية ذات العدد الذري العالي (كالعظام).
- بينما تسقط الأشعة العابرة للجسم على مستقبل الصورة معطية الإسوداد في الصورة الشعاعية.

Three types of x-rays are important to the making of a radiograph: those scattered by Compton interaction (A), those absorbed photoelectrically (B), and those transmitted through the patient without interaction (C).

د.م. يحيى لحفي


15
الامتصاص التفاضلي
تتشكل الصورة الشعاعية نتيجة للفرق ما بين الأثر الكهرضوئي والأشعة العابرة للجسم، وهو ما يدعى بالامتصاص التفاضلي.
0.5% من الأشعة الساقطة على الجسم تشكل الصورة الإشعاعية
يتطلب الحصول على صورة شعاعية ذات جودة عالية الاختيار المناسب لمعاملات التصوير والتي تنتج أعلى امتصاص تفاضلي.
إن انخفاض قيمة الجهد يزيد من الامتصاص التفاضلي ويحسن من تباين الصورة.
د.م. يحيى لحفي


16
الامتصاص التفاضلي: علاقته بالعدد الذري
Bone
Soft tissue
20 keV
40 keV
Compton scattering
Photoelectric effect
Relative probability of interaction
X-ray energy (keV)
0 25 50 75 100 125 150
5 2 1 0.5 0.2 0.1 0.05 0.02 0.01
إن احتمال حدوث الأثر الكهرضوئي يتناسب طرداً مع مكعب العدد الذري للمادة، في حين لا يتعلق تبعثر كومبتون به.
ينتج الامتصاص التفاضلي في العظام والنسج الرخوة عن الأثر الكهرضوئي والذي يعتمد على العدد الذري للمادة.
يكون الاحتمال النسبي للتفاعل ما بين العظام والأنسجة الرخوة ثابت.
بينما تنخفض القيمة المطلقة لكل منهما مع ازدياد طاقة فوتونات الأشعة السينية.
تكون معظم التفاعلات عند الطاقات المنخفضة كهرضوئية بينما يكون تبعثر كومبتون هو المسيطر عند الطاقات العالية.
د.م. يحيى لحفي

17

الامتصاص التفاضلي: علاقته بكثافة المادة

- يجب التفريق بين كثافة المادة والكثافة البصرية OD.
- تعرّف كثافة المادة بكتلة المادة في واحدة الحجم kg/m^3.
- تتناسب تفاعلات فوتونات الأشعة السينية مع كثافة المادة بشكل طردي وبغض النظر عن نوع هذا التفاعل.

Question: What is the relative probability that 60-keV x-rays will undergo Compton scattering in bone compared with soft tissue?

Answer: Mass density of bone = 1850 kg/m^3
Mass density of soft tissue = 1000 kg/m^3

$$\frac{1850}{1000} = 1.85$$

د.م. يحيى لحفي

18

الامتصاص التفاضلي: علاقته بكثافة المادة

Substance	Mass Density (kg/m^3)
HUMAN TISSUE	
Lung	320
Fat	910
Soft tissue, muscle	1000
Bone	1850
CONTRAST MATERIAL	
Air	1.3
Barium	3500
Iodine	4930
OTHER	
Calcium	1550
Concrete	2350
Molybdenum	10,200
Lead	11,350
Rhenium	12,500
Tungstate	19,300

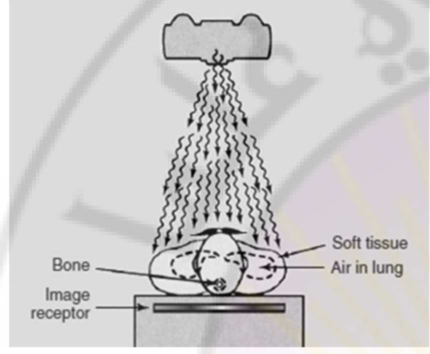
Mass Density of Materials Important to Radiologic Science

د.م. يحيى لحفي

19

الامتصاص التفاضلي: علاقته بكثافة المادة

- يتم تصوير الرئتين بشكل أساسي اعتماداً على فروقات الكثافة (كثافة النسيج الرخو أكبر بـ 770 مرة من كثافة الهواء وبثلاث مرات من كثافة الرئتين).



Question: Assume that all x-ray interactions during mammography are photoelectric. What is the differential absorption of x-rays in microcalcifications (Z = 20, ρ = 1550 kg/m³) relative to fatty tissue (Z = 6.3, ρ = 910 kg/m³)?

Answer: Differential absorption due to atomic number:

$$\left(\frac{20}{6.3}\right)^3 = \frac{8000}{250} = 32:1$$

Differential absorption due to mass density

$$= \frac{1550}{910} = 1.7:1$$

Total differential absorption

$$= 32 \times 1.7 = 54.4:1$$

د.م. يحيى لحفي

20

فحص التباين

- يستخدم الباريوم واليود لتسحين التباين في التصوير الشعاعي لبعض أعضاء الجسم نظراً لامتلاكهما عدداً ذرياً وكثافةً أعلى من مثيلاتها في الأنسجة الرخوة (العدد الذري للباريوم 56 ولليود 53).
- تدعى مواد ظليلة.
- يستخدم الهواء مع الباريوم كمادة ظليلة في تصوير البطينات الدماغية ويدعى ذلك بالمادة الظليلة المضاعفة.

Question: What is the probability that an x-ray will interact with iodine rather than soft tissue?

Answer: Differential absorption as a result of atomic number:

$$\left(\frac{53}{7.4}\right)^3 = 367:1$$

Differential absorption due to mass density

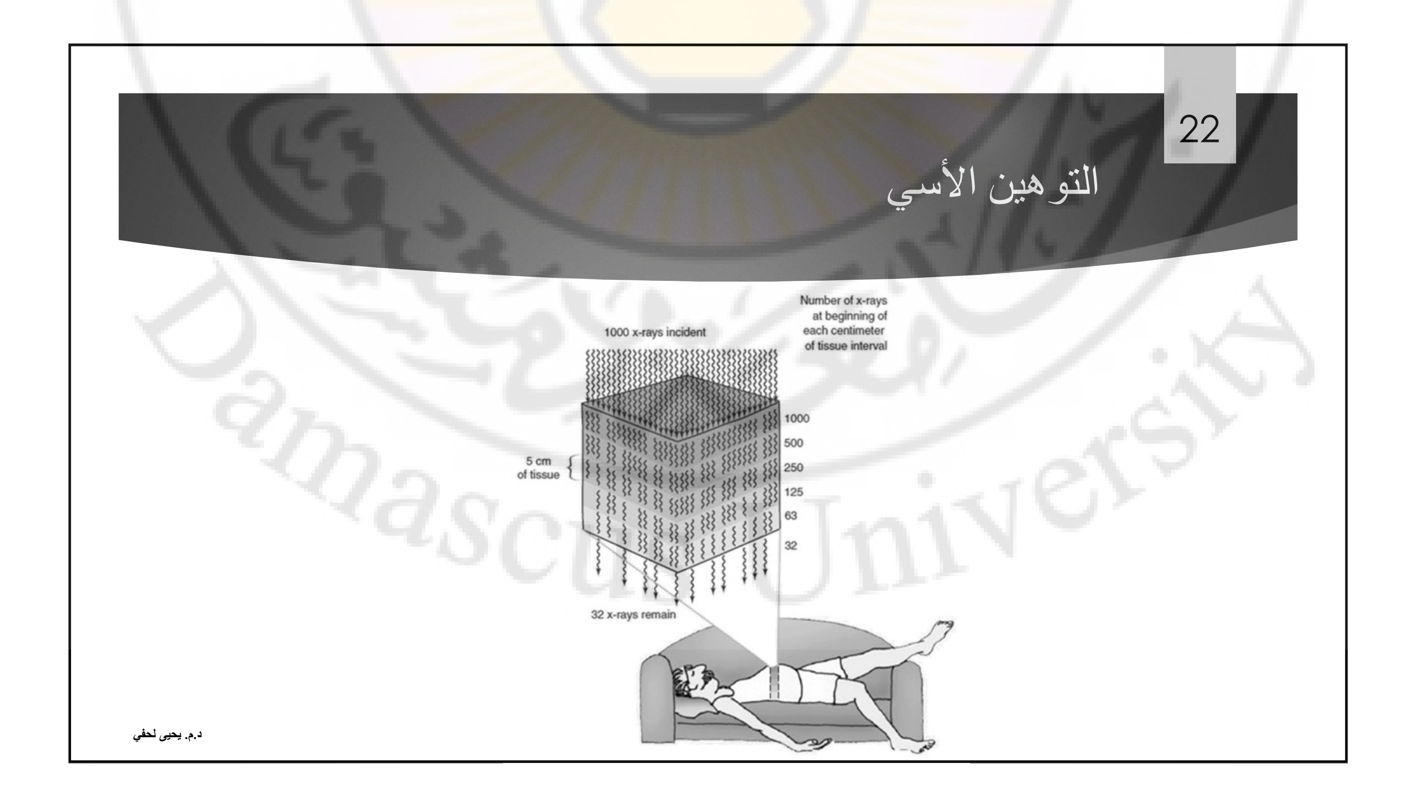
$$= \frac{4.93}{1.0} = 4.93:1$$

Total differential absorption

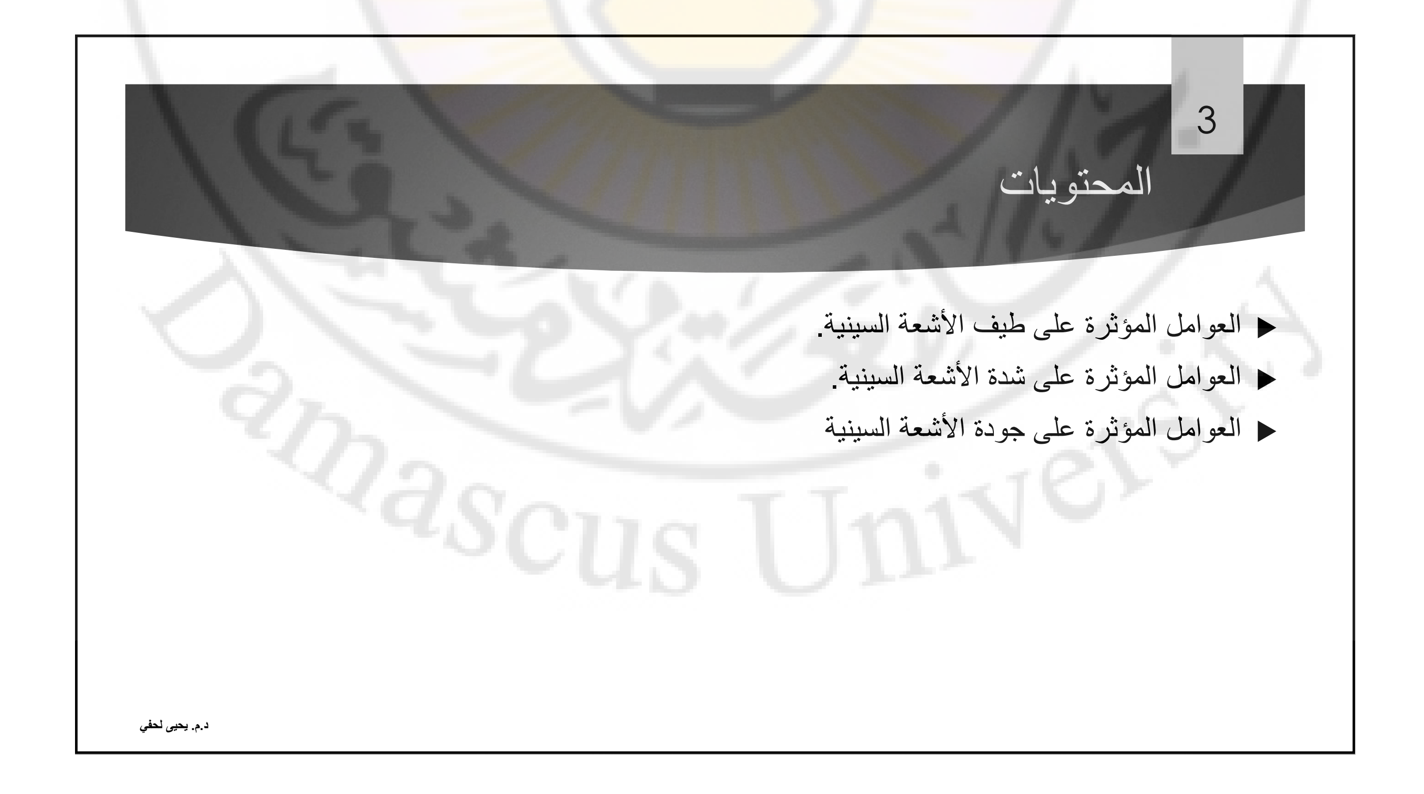
$$= 367 \times 4.93 = 1809:1$$

د.م. يحيى لحفي


21
التوهين الأسي
يعتمد تفاعل الأشعة السينية مع المادة على العدد الذري وكثافتها وطاقة فوتونات هذه الأشعة.
يدعى تفاعل الأثر الكهرضوئي بالامتصاص حيث يختفي فوتون الأشعة فيه ويكون الامتصاص فيه تاماً.
يكون الامتصاص في تفاعل تبعثر كومبتون جزئياً.
يدعى الانخفاض الكلي في عدد الفوتونات المتبقية من حزمة الأشعة بعد اختراقها سماكة من جسم ما بالتوهين.
ينتج التوهين عن الامتصاص والتبعثر لفوتونات الأشعة السينية.
يكون توهين الأشعة السينية أسياً (نسبة معينة لكل زيادة في السماكة).
Number of x-rays
Tissue thickness (cm)
د.م. يحيى لحفي


22
التوهين الأسي
1000 x-rays incident
Number of x-rays at beginning of each centimeter of tissue interval
1000
500
250
125
63
32
5 cm of tissue
32 x-rays remain
د.م. يحيى لحفي

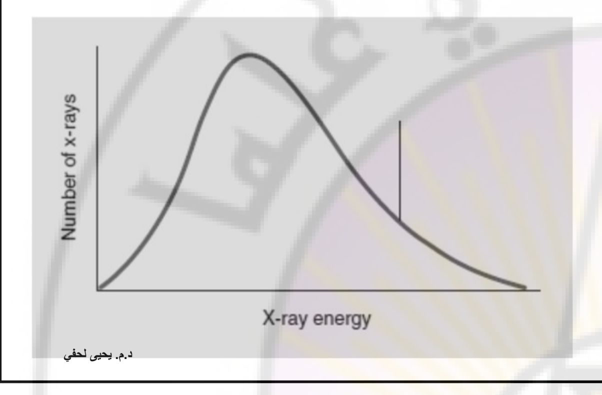

كلية العلوم الصحية
خصائص الأشعة السينية
الطيف – الشدة ـ الجودة
الدكتور المهندس يحيى لحفي
2022-2021


3
المحتويات
العوامل المؤثرة على طيف الأشعة السينية.
العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية.
العوامل المؤثرة على جودة الأشعة السينية
د.م. يحيى لحفي

4

العوامل المؤثرة على طيف الأشعة السينية

- يمثل العدد الكلي لفوتونات الأشعة السينية الصادرة عن أنبوب الأشعة بمجموع أعداد الفوتونات الصادرة عند كل طاقة من طيف الأشعة الصادر. (تكامل منحني طيف الطاقة).
- العوامل المؤثرة في طيف الأشعة الصادرة هي:
  - تيار الأنبوب
  - الجهد الكهربائي المطبق على الأنبوب
  - الترشيح المضاف
  - مادة الهدف في المصعد
  - شكل موجة الجهد المقوم



د.م. يحيى لحفي

5

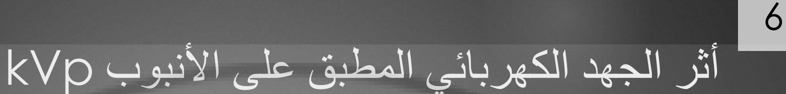
أثر تيار الأنبوب mA أو mAs

- عند ثبات بقية العوامل، تكون العلاقة ما بين كمية الأشعة السينية الصادرة (عدد الفوتونات) وتيار أنبوب الأشعة طردية.
- يتغير مطال طيف الأشعة فقط دون شكله.

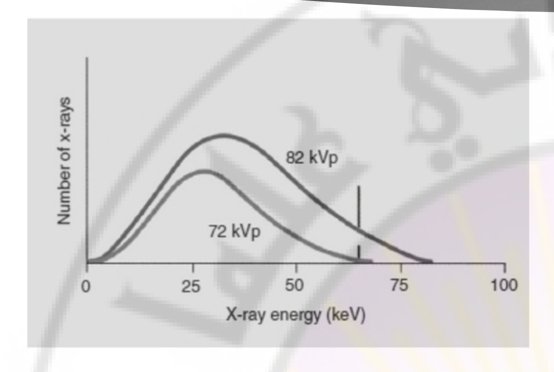
400 mA (mAs)
200 mA (mAs)
Number of x-rays
0 25 50 75 100
X-ray energy (keV)

د.م. يحيى لحفي

6



- عند ثبات قيم العوامل الأخرى، تكون كمية الأشعة السينية الصادرة (عدد الفوتونات) متناسبة مع مربع نسبة التغير في الجهد الكهربائي المطبق على أنبوب الأشعة.
- يتغير مطال وشكل طيف الأشعة وبحث يكون أكبر نسبياً في جهة الطاقات العليا للأشعة.
- تكون قيمة الطاقة العظمى لفوتونات الأشعة السينية الصادرة مساوية عددياً للجهد الكهربائي المطبق kVp.



د.م. يحيى لحفي

7

أثر الجهد الكهربائي المطبق على الأنبوب kVp

Question:
Suppose the curve labeled 72 kVp covers a total area of 3.6 cm^2 and represents an x-ray quantity of 1.25 mGy. What area under the curve and x-ray quantity would be expected for operations at 82 kVp?

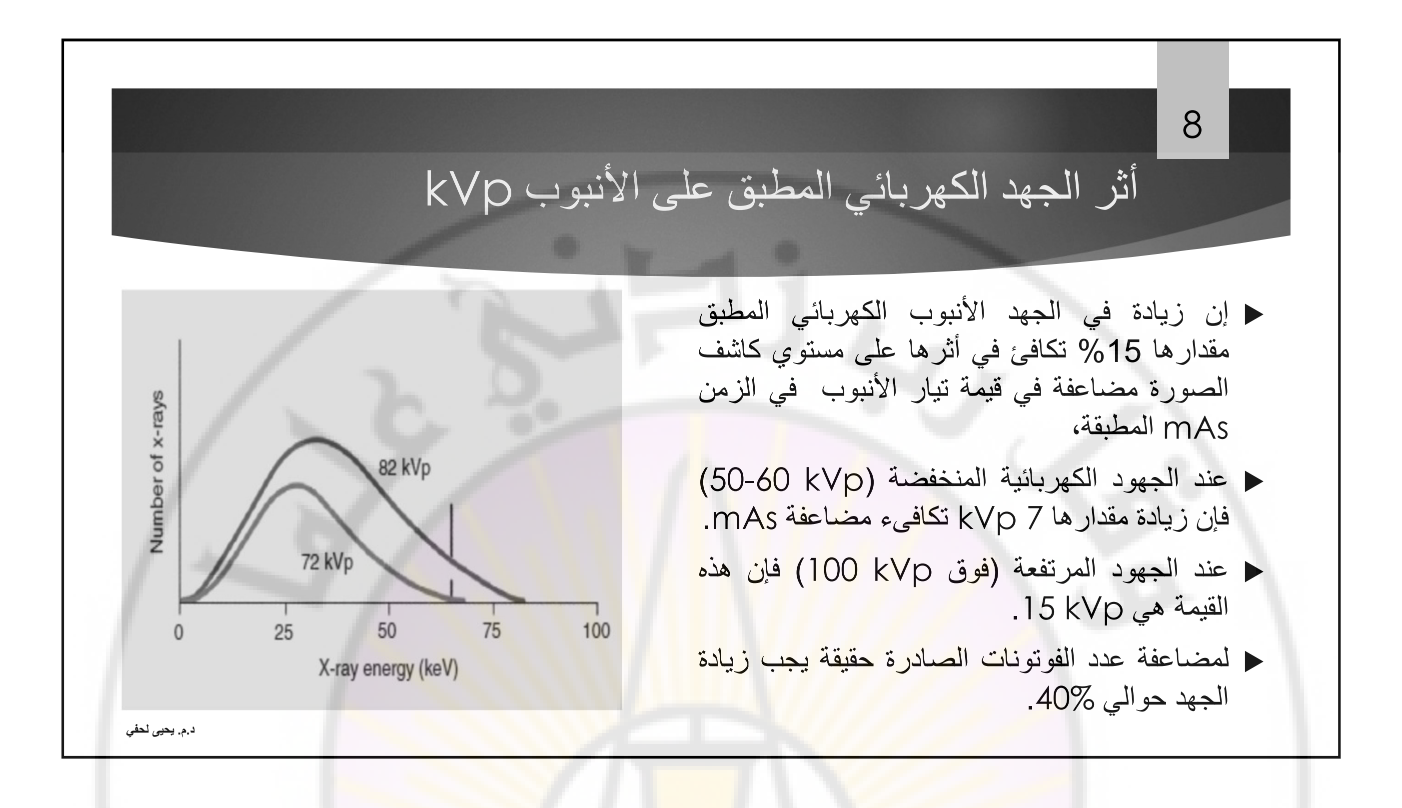
Answer: The area under the curve and the output intensity are proportional to the square of the ratio of the kVp change. A ratio can be established.

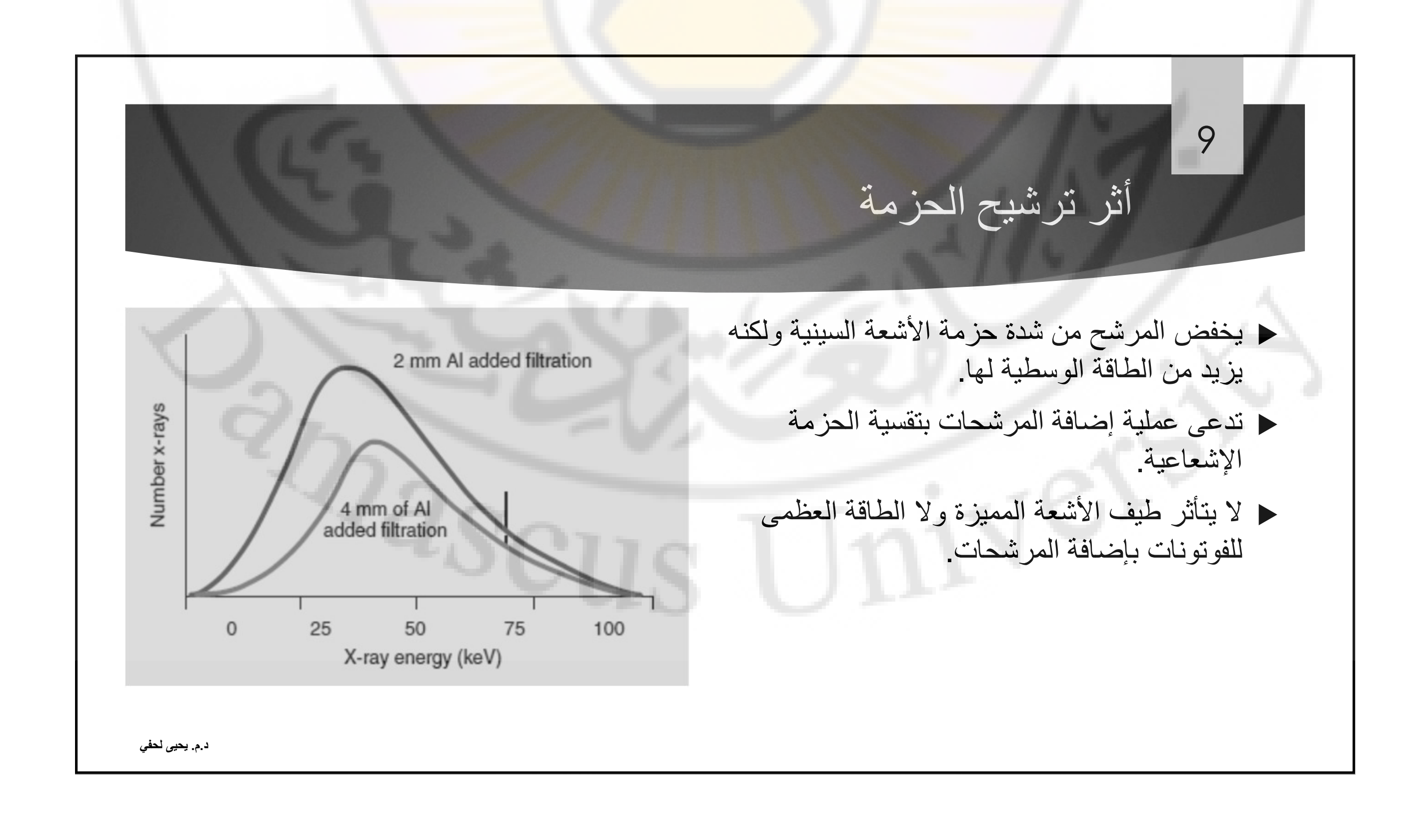
$$\left(\frac{82}{72}\right)^2 (3.6\ cm^2) = (1.3)(3.6\ cm^2) = 4.7\ cm^2$$

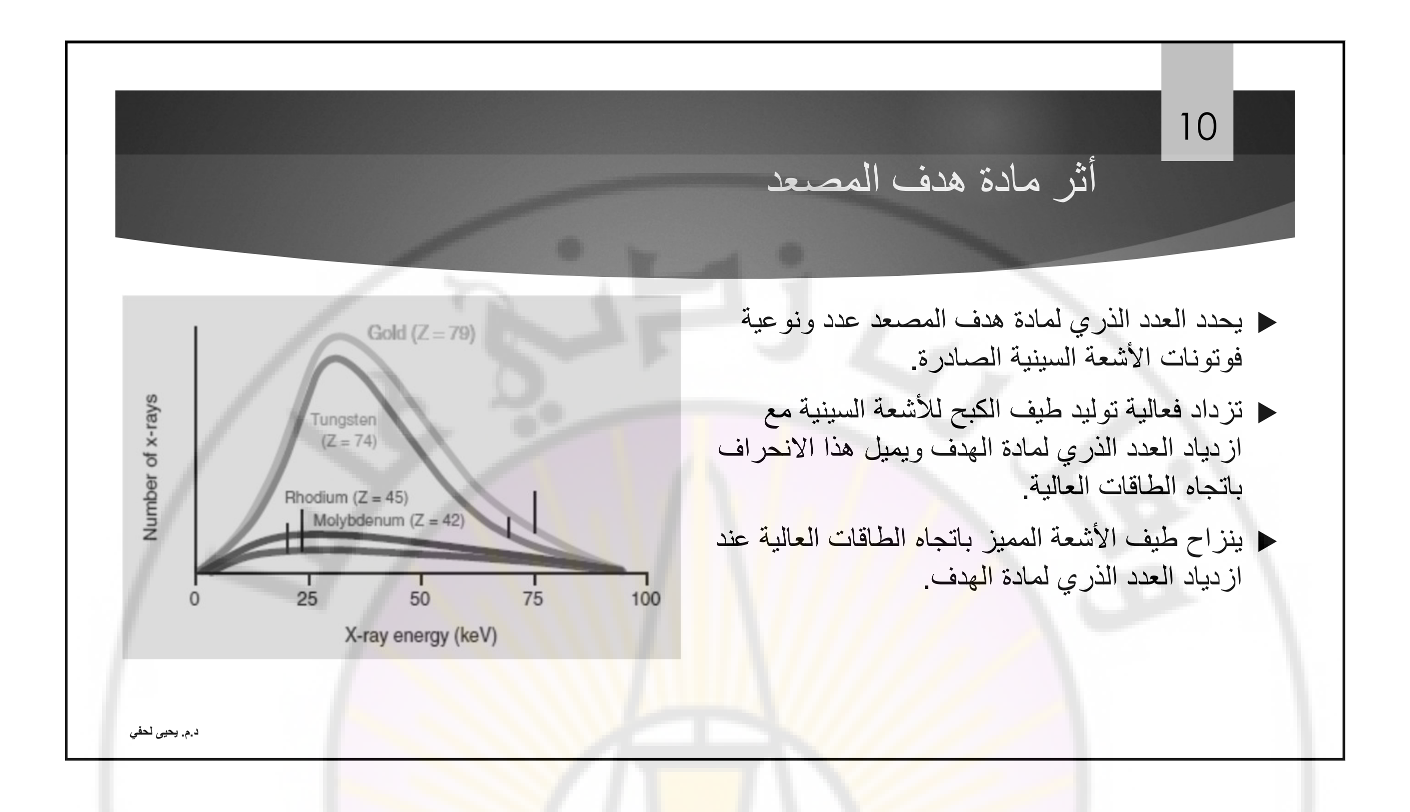
and

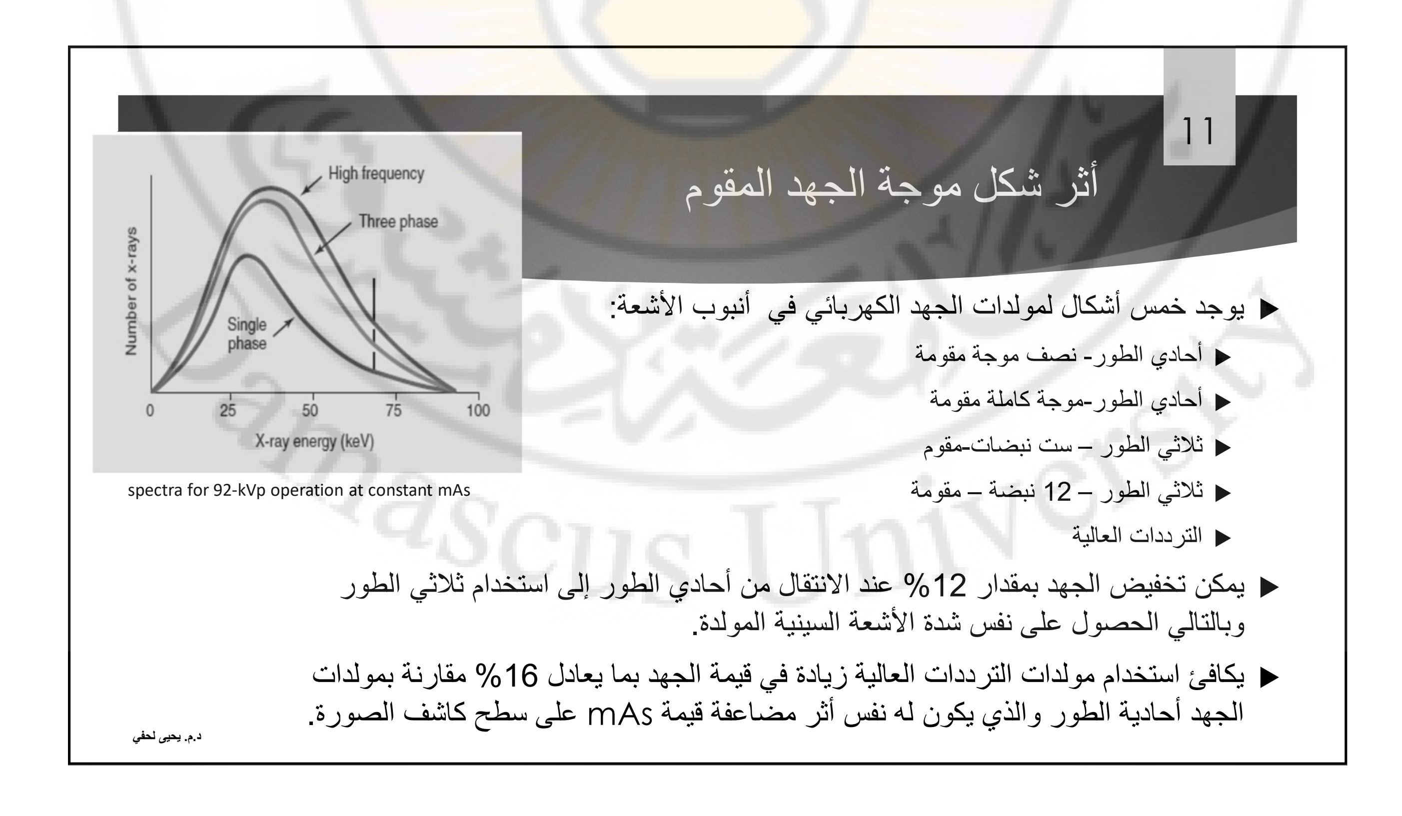
$$(1.3)(1.25\ mGy_a) = 1.63\ mGy_a$$

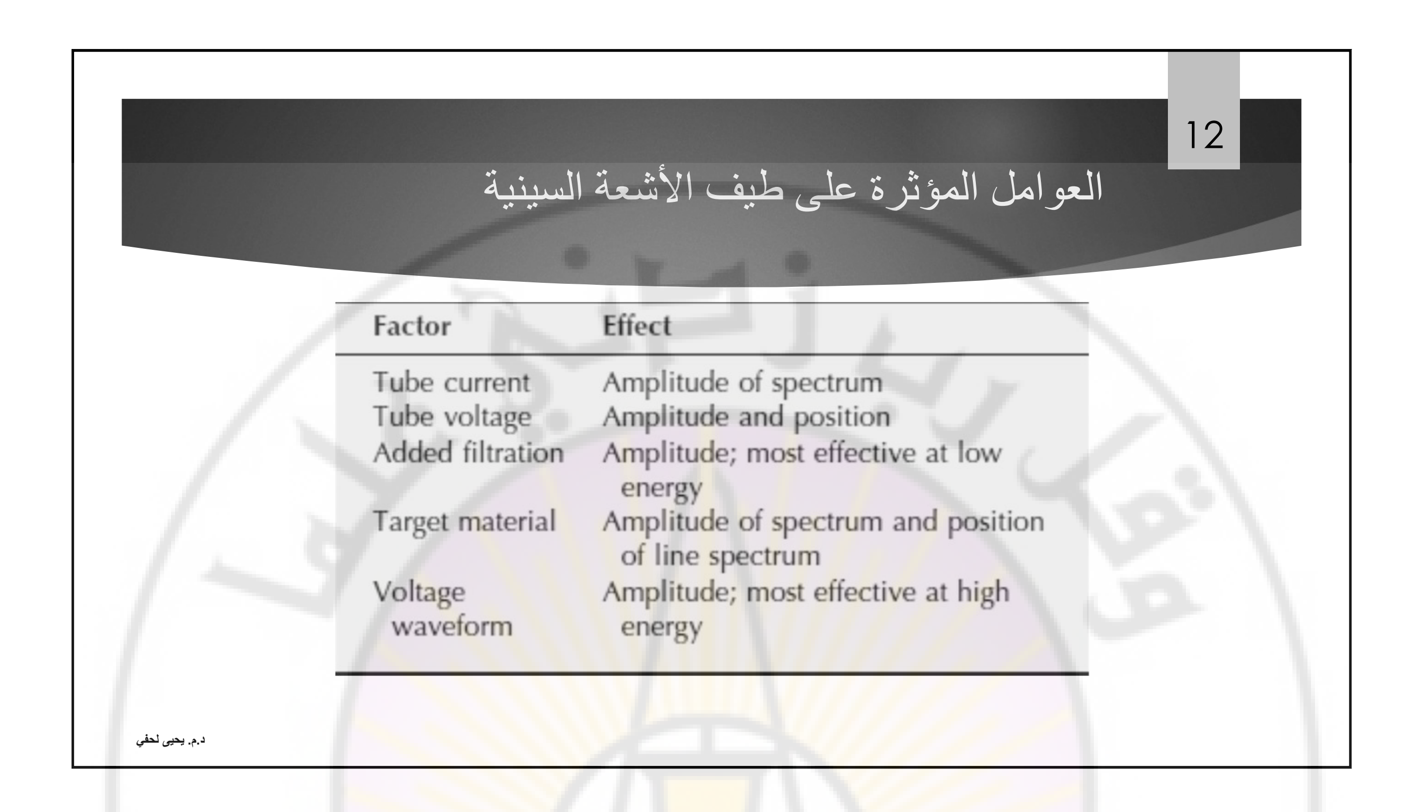
د.م. يحيى لحفي


8
أثر الجهد الكهربائي المطبق على الأنبوب kVp
Number of x-rays
82 kVp
72 kVp
0 25 50 75 100
X-ray energy (keV)
إن زيادة في الجهد الأنبوب الكهربائي المطبق مقدارها 15% تكافئ في أثرها على مستوي كاشف الصورة مضاعفة في قيمة تيار الأنبوب في الزمن mAs المطبقة،
عند الجهود الكهربائية المنخفضة (50-60 kVp) فإن زيادة مقدارها 7 kVp تكافىء مضاعفة mAs.
عند الجهود المرتفعة (فوق 100 kVp) فإن هذه القيمة هي 15 kVp.
لمضاعفة عدد الفوتونات الصادرة حقيقة يجب زيادة الجهد حوالي 40%.
د.م. يحيى لحفي

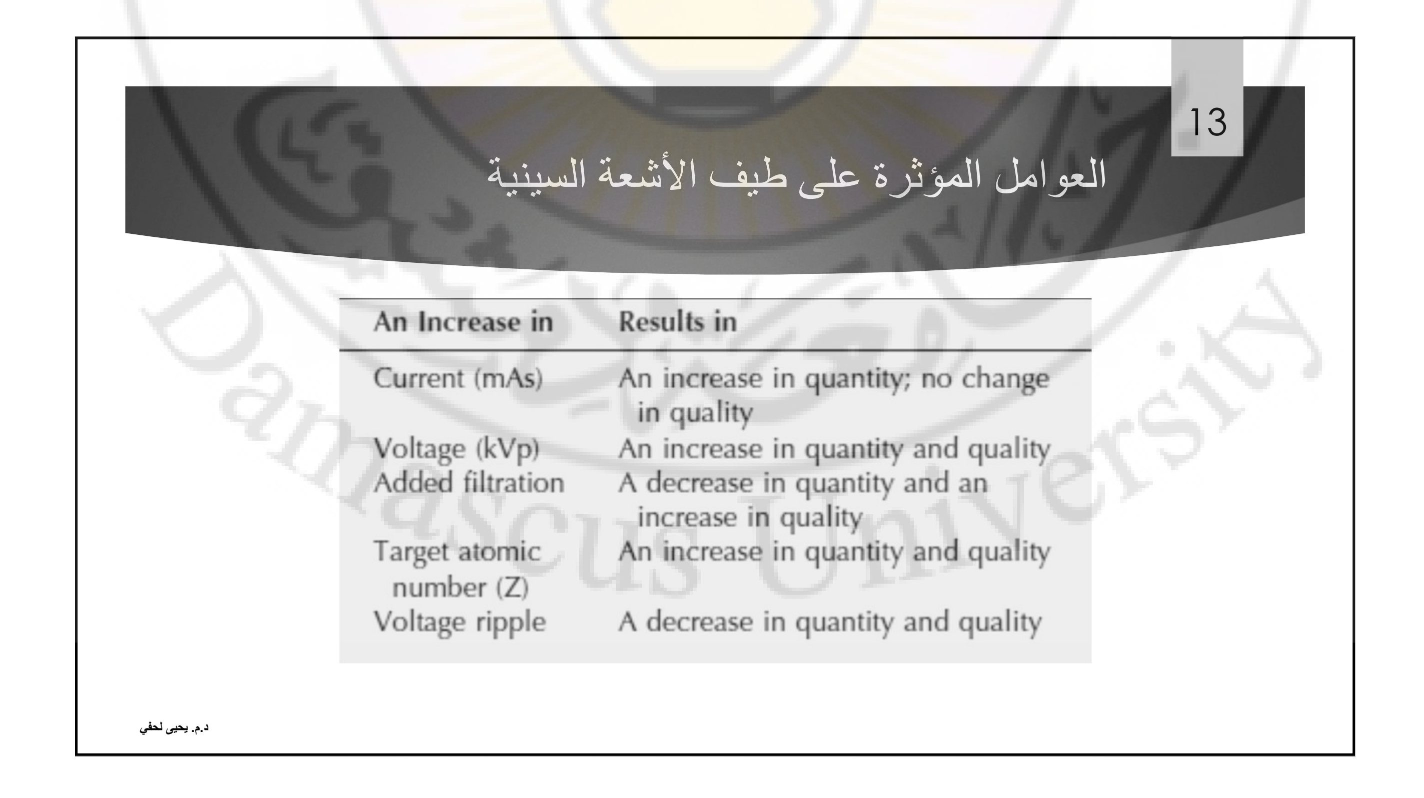

9
أثر ترشيح الحزمة
Number x-rays
2 mm Al added filtration
4 mm of Al added filtration
0 25 50 75 100
X-ray energy (keV)
يخفض المرشح من شدة حزمة الأشعة السينية ولكنه يزيد من الطاقة الوسطية لها.
تدعى عملية إضافة المرشحات بتقسية الحزمة الإشعاعية.
لا يتأثر طيف الأشعة المميزة ولا الطاقة العظمى للفوتونات بإضافة المرشحات.
د.م. يحيى لحفي


10
أثر مادة هدف المصعد
Gold (Z = 79)
Tungsten (Z = 74)
Rhodium (Z = 45)
Molybdenum (Z = 42)
Number of x-rays
0
25
50
75
100
X-ray energy (keV)
▶ يحدد العدد الذري لمادة هدف المصعد عدد ونوعية فوتونات الأشعة السينية الصادرة.
▶ تزداد فعالية توليد طيف الكبح للأشعة السينية مع ازدياد العدد الذري لمادة الهدف ويميل هذا الانحراف باتجاه الطاقات العالية.
▶ ينزاح طيف الأشعة المميز باتجاه الطاقات العالية عند ازدياد العدد الذري لمادة الهدف.
د.م. يحيى لحفي

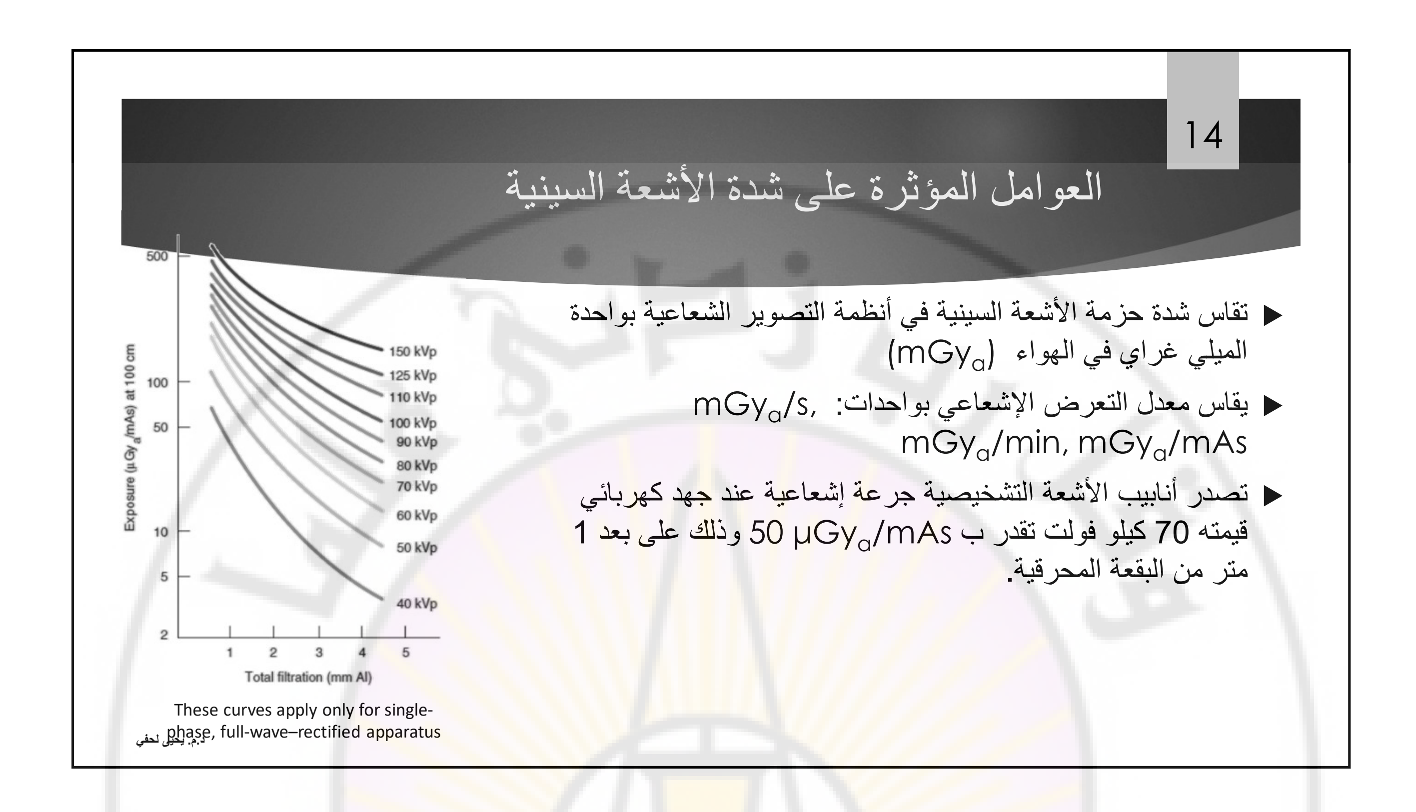

11
أثر شكل موجة الجهد المقوم
High frequency
Three phase
Single phase
Number of x-rays
0
25
50
75
100
X-ray energy (keV)
spectra for 92-kVp operation at constant mAs
▶ يوجد خمس أشكال لمولدات الجهد الكهربائي في أنبوب الأشعة:
▶ أحادي الطور- نصف موجة مقومة
▶ أحادي الطور-موجة كاملة مقومة
▶ ثلاثي الطور – ست نبضات-مقوم
▶ ثلاثي الطور – 12 نبضة – مقومة
▶ الترددات العالية
▶ يمكن تخفيض الجهد بمقدار 12% عند الانتقال من أحادي الطور إلى استخدام ثلاثي الطور وبالتالي الحصول على نفس شدة الأشعة السينية المولدة.
▶ يكافئ استخدام مولدات الترددات العالية زيادة في قيمة الجهد بما يعادل 16% مقارنة بمولدات الجهد أحادية الطور والذي يكون له نفس أثر مضاعفة قيمة mAs على سطح كاشف الصورة.
د.م. يحيى لحفي

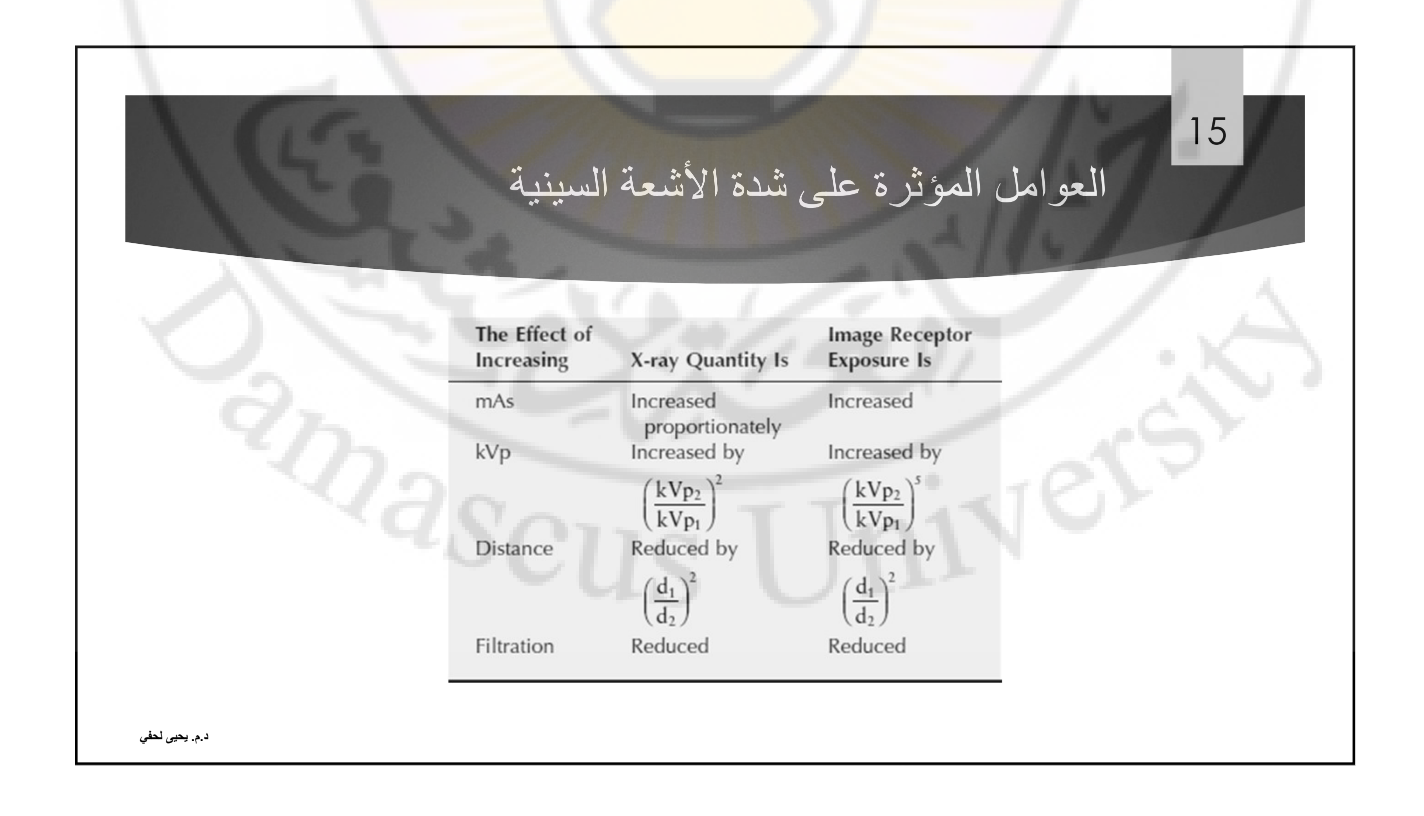


Factor	Effect
Tube current	Amplitude of spectrum
Tube voltage	Amplitude and position
Added filtration	Amplitude; most effective at low energy
Target material	Amplitude of spectrum and position of line spectrum
Voltage waveform	Amplitude; most effective at high energy



An Increase in	Results in
Current (mAs)	An increase in quantity; no change in quality
Voltage (kVp)	An increase in quantity and quality
Added filtration	A decrease in quantity and an increase in quality
Target atomic number (Z)	An increase in quantity and quality
Voltage ripple	A decrease in quantity and quality





The Effect of Increasing	X-ray Quantity Is	Image Receptor Exposure Is
mAs	Increased proportionately	Increased
kVp	Increased by $\left(\frac{kVp_2}{kVp_1}\right)^2$	Increased by $\left(\frac{kVp_2}{kVp_1}\right)^5$
Distance	Reduced by $\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$	Reduced by $\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$
Filtration	Reduced	Reduced

16

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

- تتناسب شدة الأشعة السينية طرداً وبشكل خطي مع mAs.

X-Ray Quantity and mAs

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{mAs_1}{mAs_2}$$

where I_1 and I_2 are the x-ray intensities at mAs_1 and mAs_2, respectively.

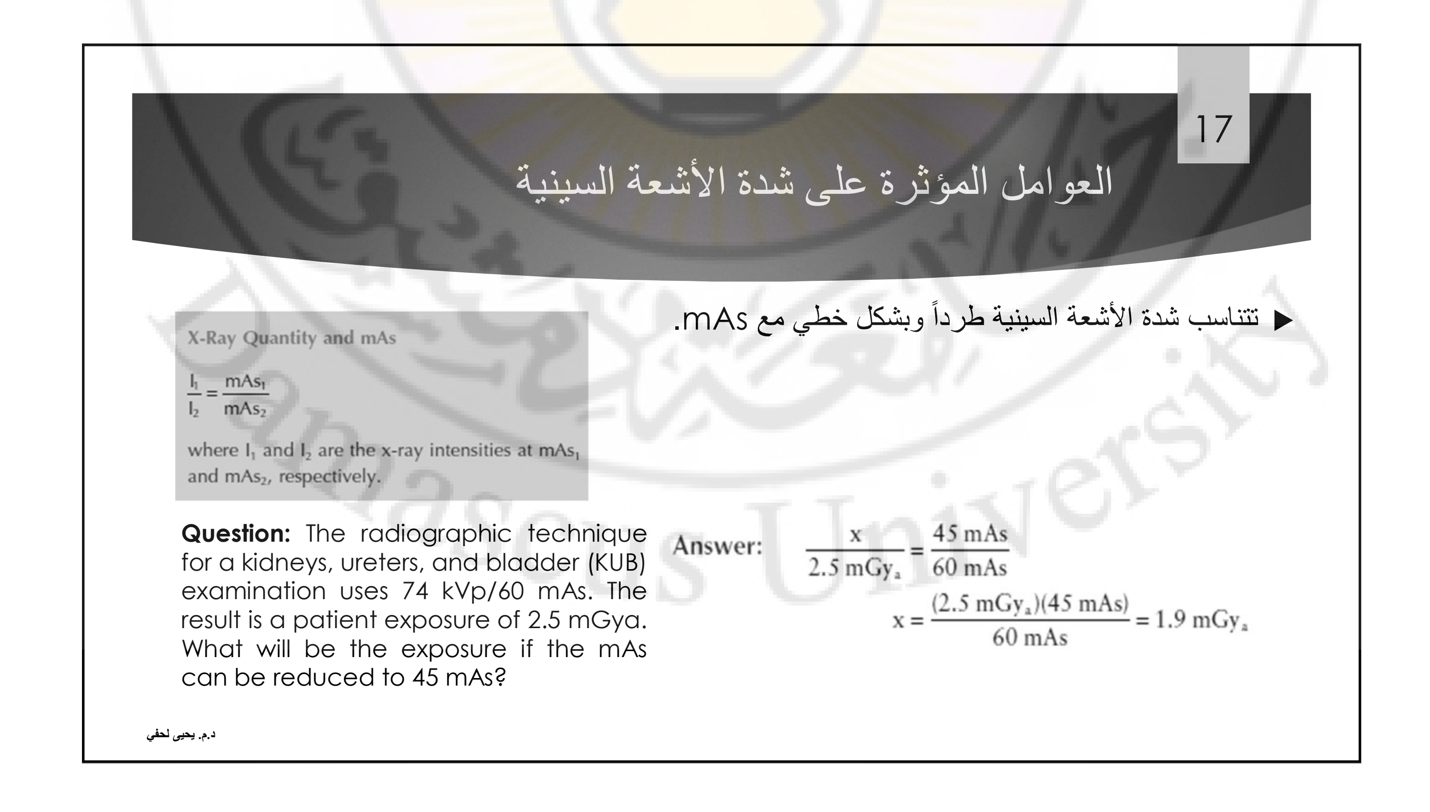
Question: A lateral chest technique calls for 110 kVp, 10 mAs, which results in an x-ray intensity of 320 µGya at the position of the patient. If the mAs is increased to 20 mAs, what will the x-ray intensity be?

Answer:

$$\frac{x}{320\ \mu Gy_a} = \frac{20\ mAs}{10\ mAs}$$

$$x = \frac{(320\ \mu Gy_a)\ 20\ mAs}{10\ mAs} = 640\ \mu Gy_a$$

د.م. يحيى لحفي



18

العلاقة بين تيار الأنبوب وعدد الالكترونات

- يعبر mAs عن عدد الالكترونات المتوجهة من المهبط إلى المصعد والتي تنتج الأشعة السينية.
- مثال:

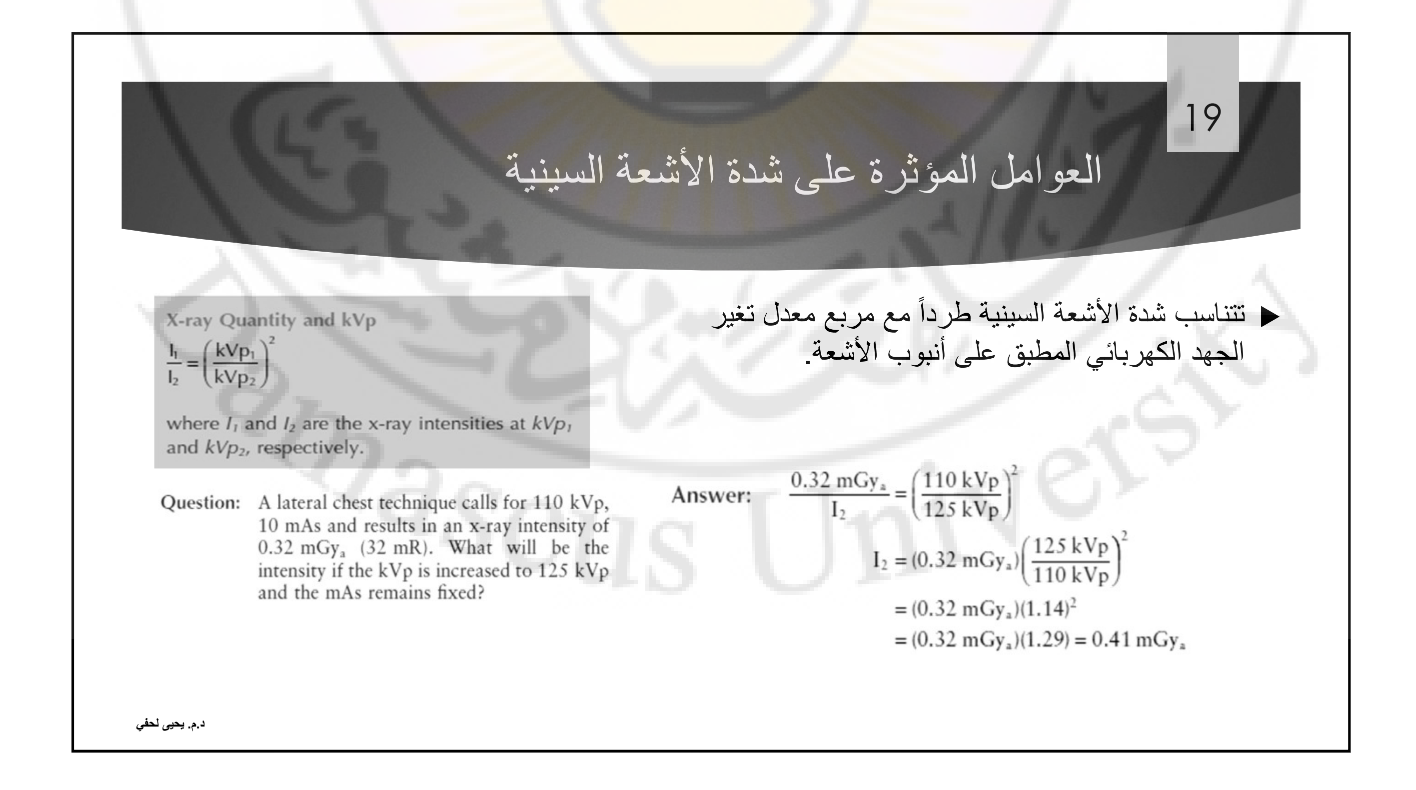
$$\text{mAs} = \text{mA} \times \text{s} = \text{mC/s} \times \text{s} = \text{mC}$$

where C (coulomb) is a measure of electrostatic charges and 1 C = 6.25×10^{18} electrons.

Question: A radiograph is made at 74 kVp/100 mAs. How many electrons interact with the target?

Answer: 100 mAs = 100 mC $= 6.25 \times 10^{17}$ electrons

د.م. يحيى لحفي



20

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

- تتناسب شدة الأشعة السينية طرداً مع مربع معدل تغير الجهد الكهربائي المطبق على أنبوب الأشعة.

X-ray Quantity and kVp

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{kVp_1}{kVp_2}\right)^2$$

where I_1 and I_2 are the x-ray intensities at kVp_1 and kVp_2, respectively.

Question: An extremity is examined through a technique of 58 kVp/8 mAs, resulting in an entrance skin exposure (ESE) of 240 µGy$_a$. If the technique is changed to 54 kVp/8 mAs to improve contrast, what will be the x-ray quantity?

Answer:

$$\frac{I}{240\ \mu Gy_a} = \left(\frac{54\ kVp}{58\ kVp}\right)^2$$

$$I = (240\ \mu Gy_a)\left(\frac{54\ kVp}{58\ kVp}\right)^2$$

$$= (240\ \mu Gy_a)(0.93)^2$$

$$= (240\ \mu Gy_a)(0.867) = 208\ \mu Gy_a$$

د.م. يحيى لحفي

21

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

- نظرياً، يتطلب مضاعفة شدة الأشعة السينية بزيادة الجهد الكهربائي المطبق حوالي 40% فقط.
- عملياً، لا يمكن القيام بذلك لارتفاع قدرة نفاذية الأشعة السنية وبالتالي انخفاض تباين الأنسجة المصورة.
- تتطلب كل زيادة في الجهد مقدارها 15% تخفيض تيار الأنبوب في الزمن mAs إلى النصف للحفاظ على شدة ثابتة من الأشعة السينية على سطح الكاشف.
- ينتج عن زيادة الجهد وتخفيض تيار الأنبوب تعريض ثابت على سطح الكاشف وانخفاض ملموس في جرعة المريض، ولكنه يؤدي إلى انخفاض في تباين الصورة الإشعاعية الناتجة في حال كان المستقبل من نوع فيلم – لوحة فقط بينما لا يؤثر على الصورة في حال كون المستقبل كاشفاً رقمياً.

د.م. يحيى لحفي

22

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

Question: A radiographic technique calls for 80 kVp/30 mAs and results in 1.4 mGy_a. What is the expected ESE if the kVp is increased to 92 kVp (+15%) and the mAs reduced by one half to 15 mAs?

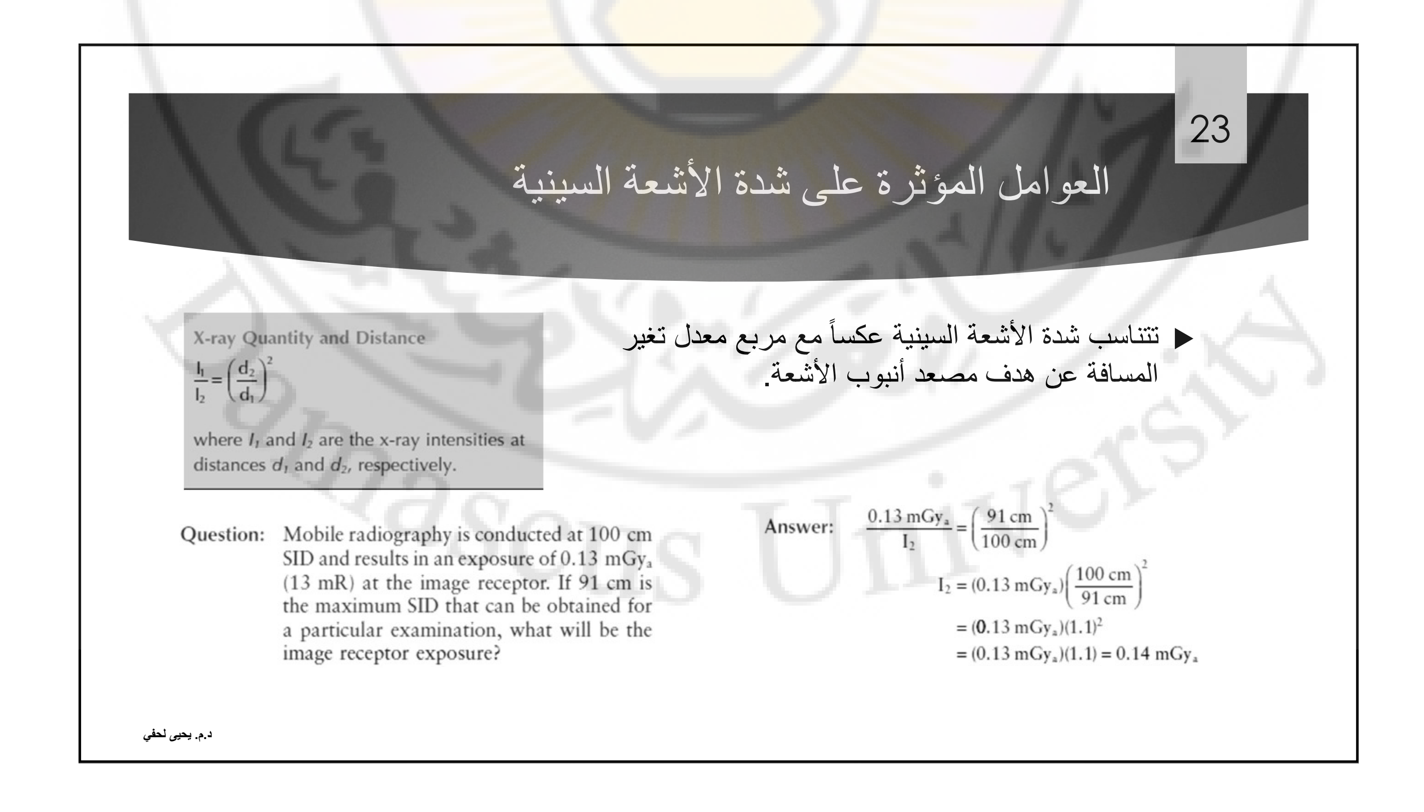
Answer:

$$\frac{I}{1.4\ mGy_a} = \left(\frac{15\ mAs}{30\ mAs}\right)\left(\frac{92\ kVp}{80\ kVp}\right)^2$$

$$I = 1.4\ mGy_a\left(\frac{15\ mAs}{30\ mAs}\right)\left(\frac{92\ kVp}{80\ kVp}\right)^2$$

$$= 1.4\ mGy_a\ (0.5)(1.32) = 0.92\ \ mGy_a$$

د.م. يحيى لحفي



24

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

- تتناسب شدة الأشعة السينية عكساً مع مربع معدل تغير المسافة عن هدف مصعد أنبوب الأشعة.

X-ray Quantity and Distance

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

where I_1 and I_2 are the x-ray intensities at distances d_1 and d_2, respectively.

Question: A posteroanterior (PA) chest examination (120 kVp/3 mAs) with a dedicated x-ray imaging system is taken at an SID of 300 cm. The exposure at the image receptor is 0.12 mGy_a (12 mR). If the same technique is used at a SID of 100 cm, what will be the x-ray exposure?

Answer:

$$\frac{I}{0.12\ mGy_a} = \left(\frac{300\ cm}{100\ cm}\right)^2$$

$$I = 0.12\ mGy_a\left(\frac{300\ cm}{100\ cm}\right)^2$$

$$= (0.12\ mGy_a)(3)^2$$

$$= (0.12\ mGy_a)(9) = 1.08\ mGy_a$$

د.م. يحيى لحفي

25

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

- للحفاظ على تعريض ثابت على الكاشف ينبغي عند زيادة المسافة ما بين الكاشف وهدف أنبوب الأشعة زيادة شدة تيار الأنبوب mAs بنسبة مربع معدل تغير المسافة

The Square Law

$$\frac{mAs_1}{mAs_2} = \frac{SID_1^2}{SID_2^2}$$

where mAs_1 is the technique at SID_1, and mAs_2 is the technique at SID_2.

Question: What should be the new mAs in the previous question to reduce the x-ray quantity to 0.12 mGy_a at 100 cm?

Question: A posteroanterior (PA) chest examination (120 kVp/3 mAs) with a dedicated x-ray imaging system is taken at an SID of 300 cm. The exposure at the image receptor is 0.12 mGy_a (12 mR). If the same technique is used at a SID of 100 cm, what will be the x-ray exposure?

د.م. يحيى لحفي

26

العوامل المؤثرة على شدة الأشعة السينية

- تمتلك أجهزة التصوير الشعاعية مراشح معدنية (من الألمنيوم عادة) توضع في الحزمة الإشعاعية وتكون بسماكة من 1 حتى 5 ملم وذلك بهدف التخلص من فوتونات الأشعة السينية منخفضة الطاقة.
- عند زيادة الترشيح تنخفض شدة الأشعة السينية.
- إن زيادة طبقة المرشح تسهم في تخفيض جرعة المريض، لكنها بنفس الوقت قد تخفض أيضاً من تباين الصورة الناتجة.

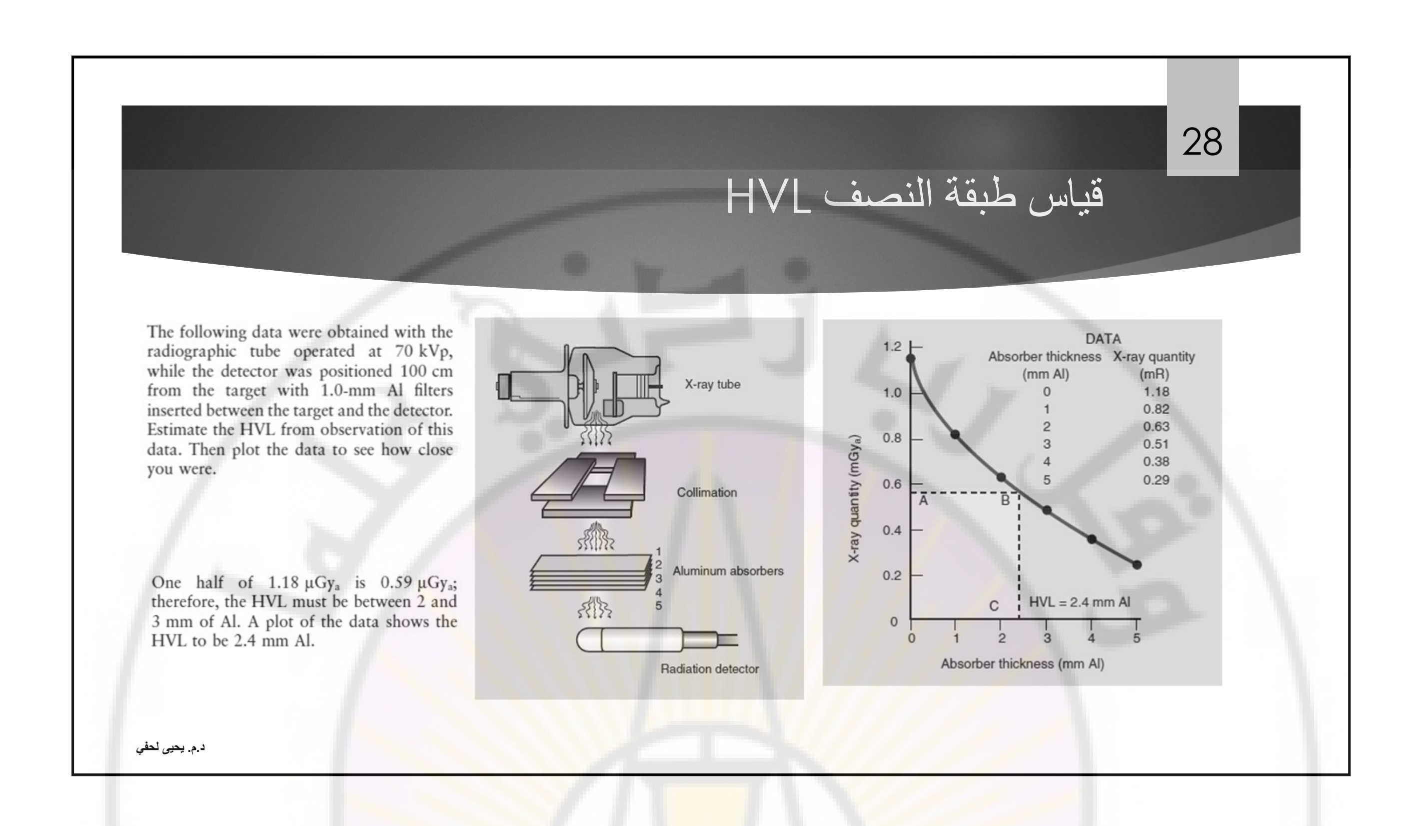
د.م. يحيى لحفي

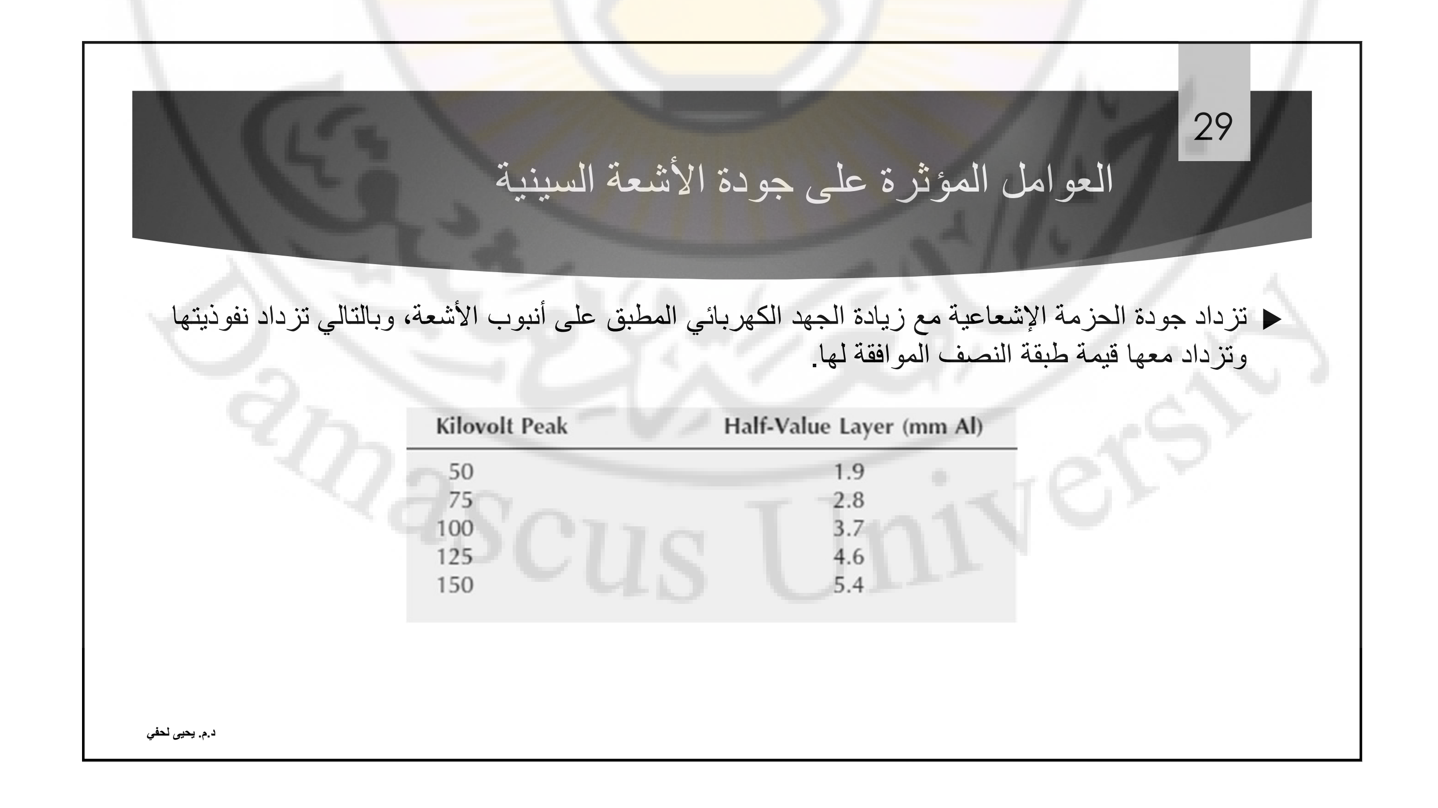
27

جودة الحزمة الإشعاعية

- توصف الحزمة الإشعاعية ذات النفاذية العالية بالحزمة ذات الجودة العالية،
- تتعلق نفاذية الأشعة السينية بطاقة فوتوناتها وتعبر عن مدى مقدرة فوتونات الأشعة على اختراق نسيج ما.
- لا تتأثر جودة الحزمة الإشعاعية بالمسافة أو بتيار الأنبوب.
- تكون نفاذية الأشعة السينية أعلى في الأنسجة ذات العدد الذري المنخفض وتتناقص مع ازدياد العدد الذري لبنية النسيج المخترق.
- ينتج التوهين في الأشعة السينية عن الامتصاص والتشتت الحاصل في الأوساط المارة فيها.
- في التصوير الشعاعي، تقاس جودة الحزمة الإشعاعية بمقدار طبقة النصف HVL والمقدرة من 1-5 ملم مكافئ ألمنيوم أو من 3-6 سم من النسج الرخوة.
- تعرّف طبقة النصف بثخانة المادة المطلوبة لتخفيض شدة الأشعة السينية المارة خلالها إلى النصف.

د.م. يحيى لحفي





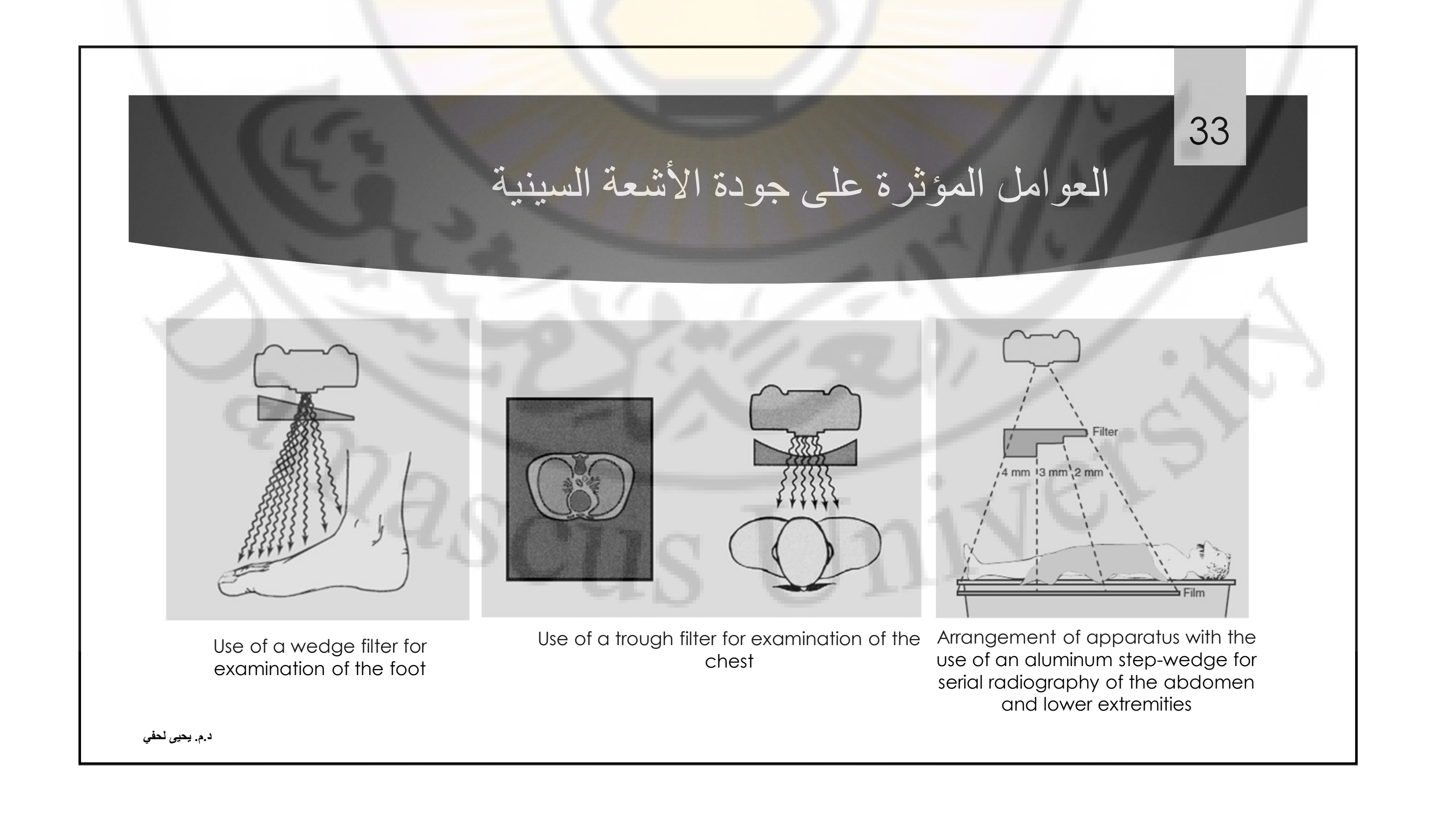
Kilovolt Peak	Half-Value Layer (mm Al)
50	1.9
75	2.8
100	3.7
125	4.6
150	5.4


30
العوامل المؤثرة على جودة الأشعة السينية
Unfiltered beam
Normally filtered beam
Ideal beam
Number of x-rays
X-ray energy
إن الهدف الرئيسي من إضافة المرشحات هو تقليص عدد الفوتونات منخفضة لطاقة والتي تؤدي إلى تعريض المريض وبدون أية فائدة منها.
تستخدم عدة معادن كمرشحات للحزمة:
Al (Z = 13) نظراً لسهولة استخدامه ورخصه بحيث يتم التخلص من فوتونات منخفضة الطاقة بالأثر الكهرضوئي.
Copper (Z = 29), tin (Z = 50), gadolinium(Z = 64), holmium (Z = 67)
د.م. يحيى لحفي


31
العوامل المؤثرة على جودة الأشعة السينية
Inherent 0.5 mm Al
Added 1.0 mm Al
Mirror 1.0 mm Al
TOTAL 2.5 mm Al
تكون المرشحات في أجهزة التصوير الشعاعية إما أساسية أو مضافة.
تشكل نافذة خروج الأشعة الزجاجية أو المعدنية مرشحاً أساسياً لحزمة الأشعة، وتقدر قيمته بحوالي 0.5 mm Al ، وتزداد هذه القيمة مع مرور الزمن نظراً لترسب بخار التنغستين على السطح الداخلي للغلاف.
تصنع نافذة خروج الأشعة في جهاز تصوير الثدي الشعاعي من مادة البيرليوم ويقدر ترشيحها بـ 0.1 mm Al.
تضاف صفائح مرشحة بين نافذة خروج الأشعة والمسدد ضمن أنبوب الأشعة، وتعطي ترشيحاً مقداره 1 mm Al.
يضيف نظام حقل الرؤية الضوئي ترشيحاً مقداره 1 mm Al إلى حزمة الأشعة بسبب وجود المرآة المفضضة.
د.م. يحيى لحفي



Compensating filters. A, Trough filter. B, Wedge filter. C, "Bow-tie" filter for use in computed tomography. D, Conic filters for use in digital fluoroscopy



Use of a wedge filter for examination of the foot

Use of a trough filter for examination of the chest

Arrangement of apparatus with the use of an aluminum step-wedge for serial radiography of the abdomen and lower extremities



34

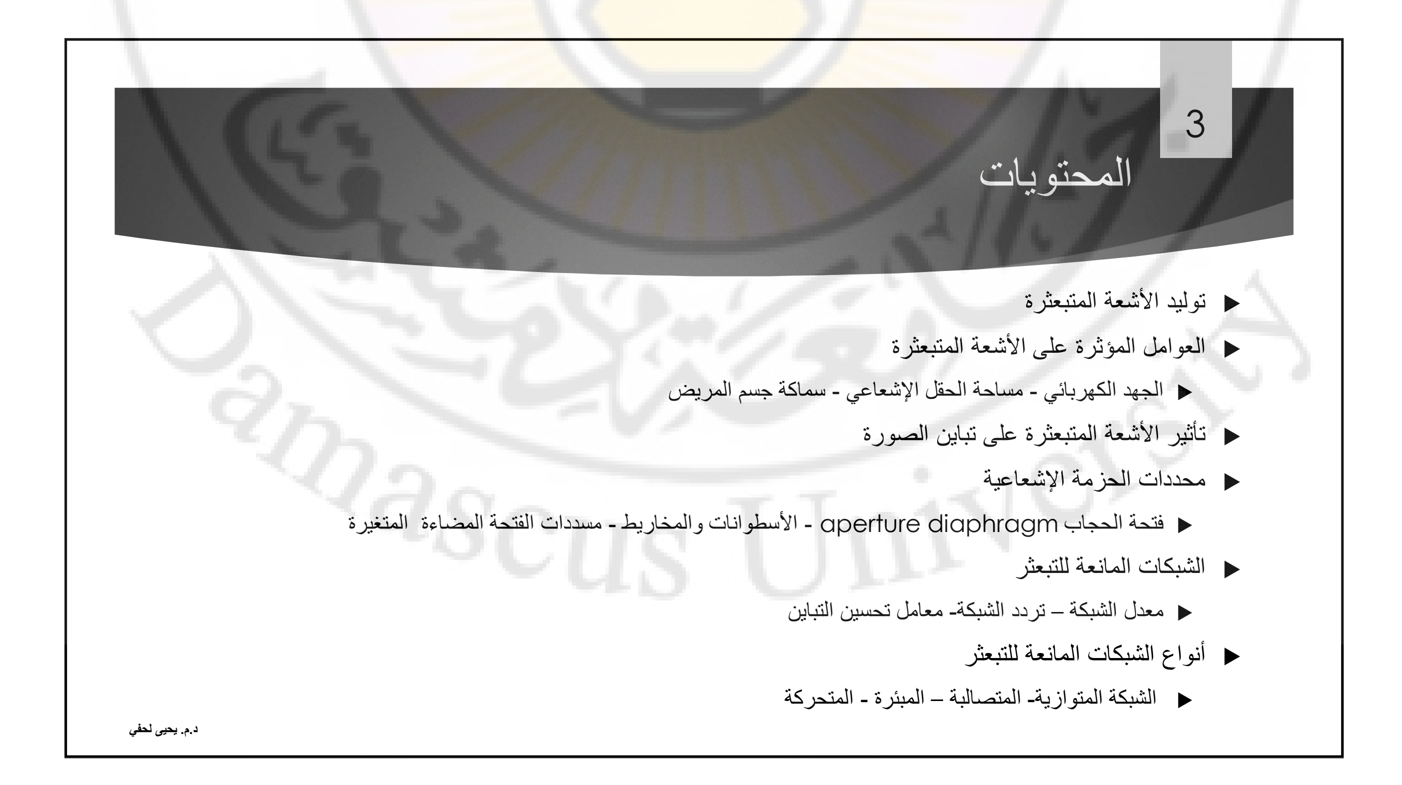
العوامل المؤثرة على جودة وشدة الأشعة السينية

Factors That Affect X-ray Quality and Quantity

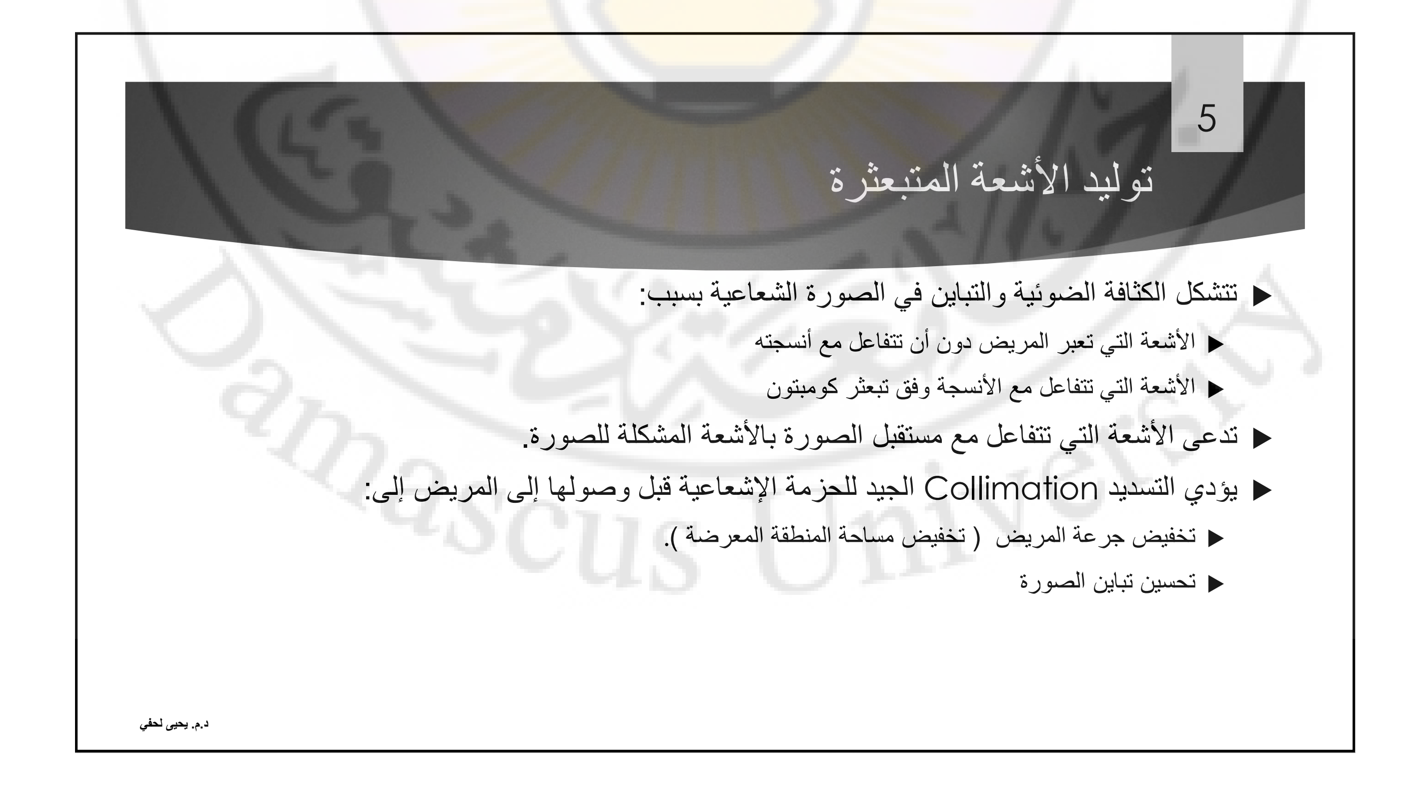
An Increase in	X-ray Quality	X-ray Quantity
mAs	None	Increased
kVp	Increased	Increased
Distance	None	Reduced
Filtration	Increased	Reduced

د.م. يحيى لحفي


كلية العلوم الصحية
Damascus University
الأشعة المتبعثرة
الدكتور المهندس يحيى لحفي
2022-2021


3
المحتويات
توليد الأشعة المتبعثرة
العوامل المؤثرة على الأشعة المتبعثرة
الجهد الكهربائي - مساحة الحقل الإشعاعي - سماكة جسم المريض
تأثير الأشعة المتبعثرة على تباين الصورة
محددات الحزمة الإشعاعية
فتحة الحجاب aperture diaphragm - الأسطوانات والمخاريط - مسددات الفتحة المضاءة المتغيرة
الشبكات المانعة للتبعثر
معدل الشبكة – تردد الشبكة- معامل تحسين التباين
أنواع الشبكات المانعة للتبعثر
الشبكة المتوازية- المتصالبة – المبئرة - المتحركة
د.م. يحيى لحفي


4
توليد الأشعة المتبعثرة
a
b
c
d
Image receptor
FIGURE 11-1 Some x-rays interact with the patient and are scattered away from the image receptor (a). Others interact with the patient and are absorbed (b). X-rays that arrive at the image receptor are those transmitted through the patient without interacting (c) and those scattered in the patient (d). X-rays of types c and d are called image-forming x-rays.
د.م. يحيى لحفي


5
توليد الأشعة المتبعثرة
تتشكل الكثافة الضوئية والتباين في الصورة الشعاعية بسبب:
الأشعة التي تعبر المريض دون أن تتفاعل مع أنسجته
الأشعة التي تتفاعل مع الأنسجة وفق تبعثر كومبتون
تدعى الأشعة التي تتفاعل مع مستقبل الصورة بالأشعة المشكلة للصورة.
يؤدي التسديد Collimation الجيد للحزمة الإشعاعية قبل وصولها إلى المريض إلى:
تخفيض جرعة المريض (تخفيض مساحة المنطقة المعرضة).
تحسين تباين الصورة
د.م. يحيى لحفي

6

توليد الأشعة المتبعثرة

- بشكل مثالي: يجب أن تصل الأشعة السينية التي لا تتفاعل مع أنسجة المريض إلى مستقبل الصورة.
- يؤدي تزايد الأشعة المتبعثرة إلى انخفاض في تباين الصورة.
- تتأثر الشدة النسبية للأشعة المتبعثرة التي تصل سطح مستقبل الصورة بثلاثة عوامل رئيسة هي:
  - الجهد الكهربائي kVp
  - مساحة الحقل الإشعاعي
  - سماكة المريض

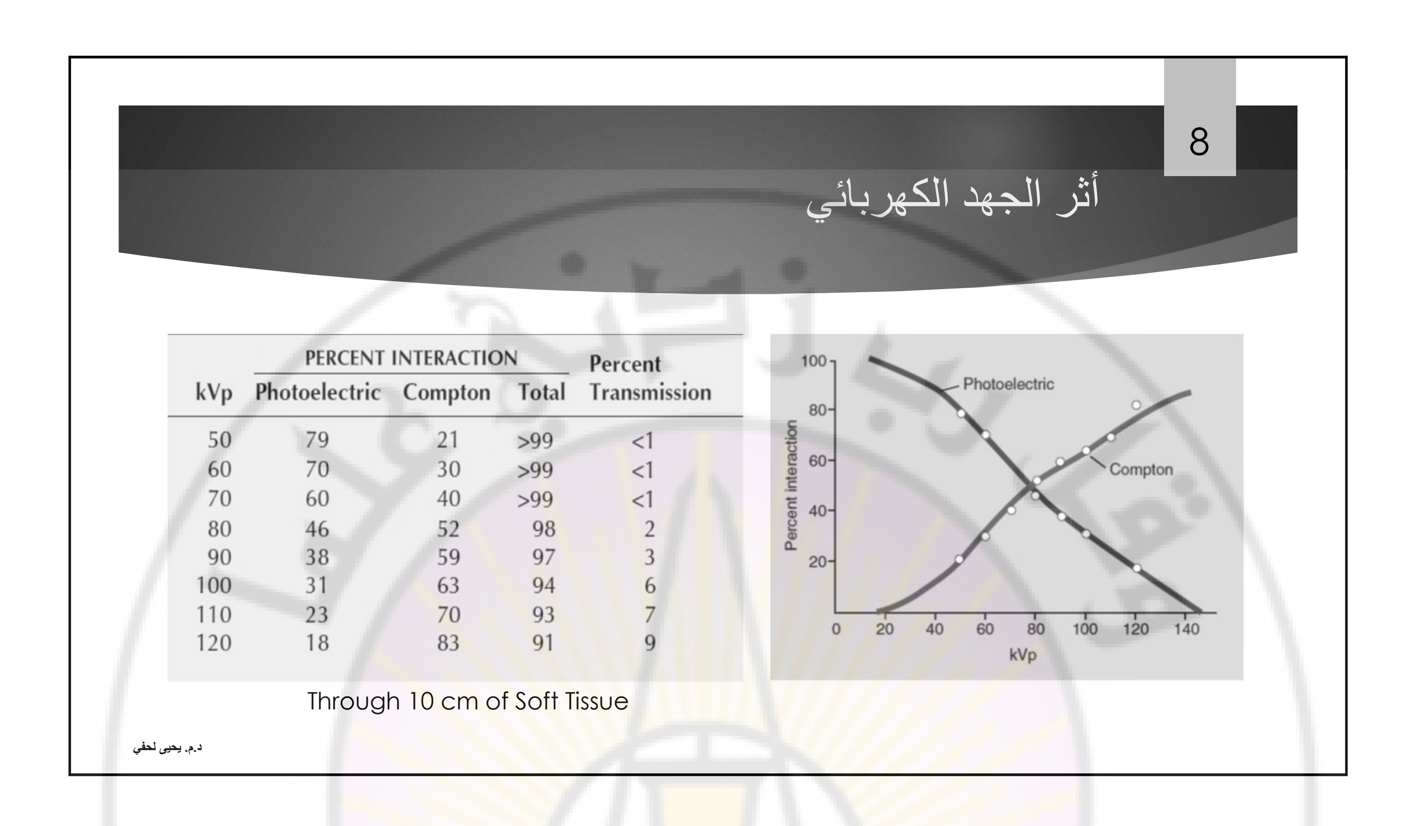
د.م. يحيى لحفي

7

أثر الجهد الكهربائي

- عند زيادة الجهد الكهربائي فإن عدد فوتونات الأشعة السينية التي تتفاعل مع المادة وفقاً لتبعثر كومبتون تزداد.
- إن انحفاض الجهد الكهربائي يرافقه:
  - زيادة الامتصاص الكهرضوئي للفوتونات مما يؤدي إلى زيادة كبيرة في جرعة المريض الإشعاعية.
  - وصول عدد قليل جداً من الفوتونات إلى مستقبل الصورة مما يتطلب زيادة التيار الكهربائي وبالتالي جرعة المريض أيضاً.

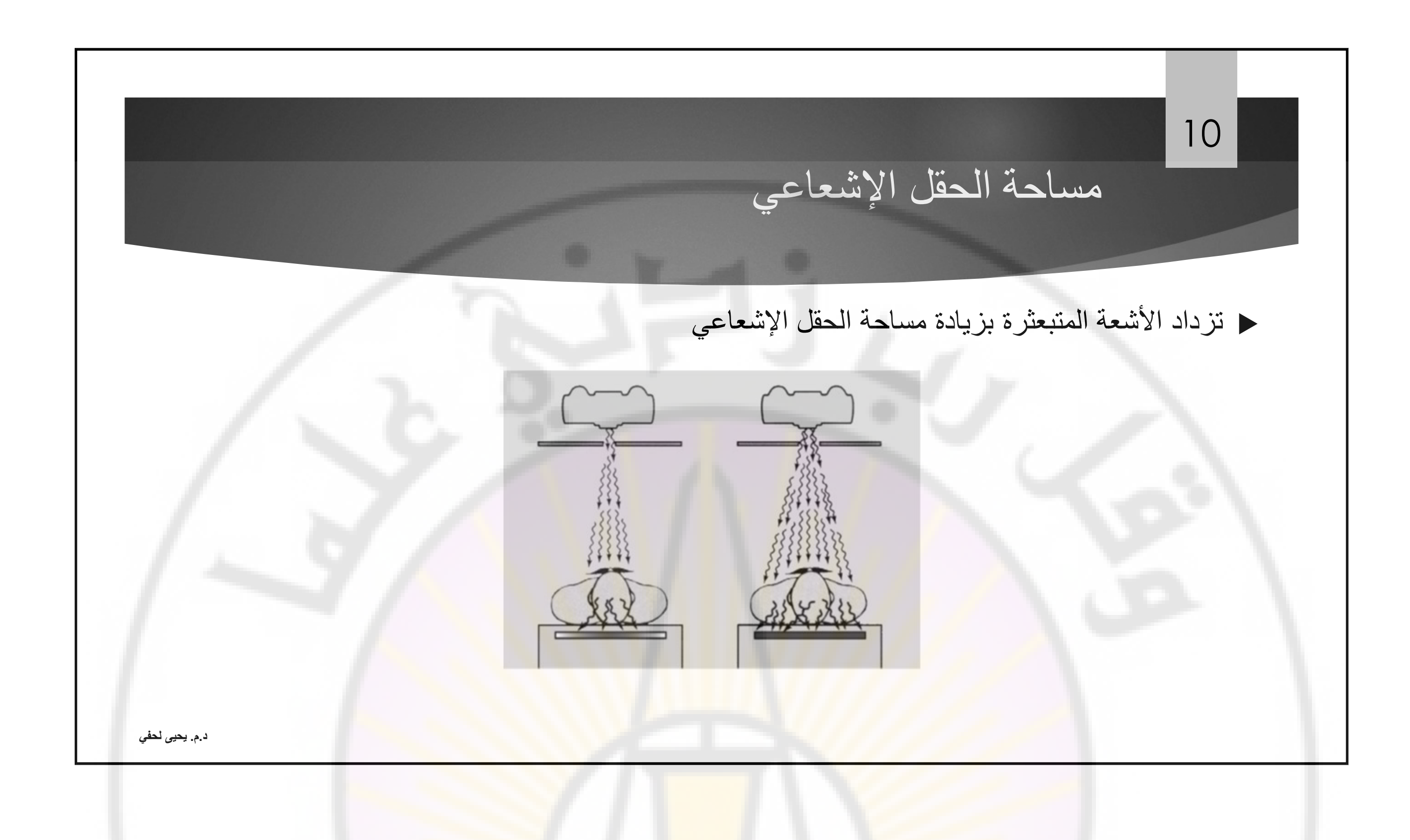
د.م. يحيى لحفي



kVp	PERCENT INTERACTION Photoelectric	Compton	Total	Percent Transmission
50	79	21	>99	<1
60	70	30	>99	<1
70	60	40	>99	<1
80	46	52	98	2
90	38	59	97	3
100	31	63	94	6
110	23	70	93	7
120	18	83	91	9

Through 10 cm of Soft Tissue



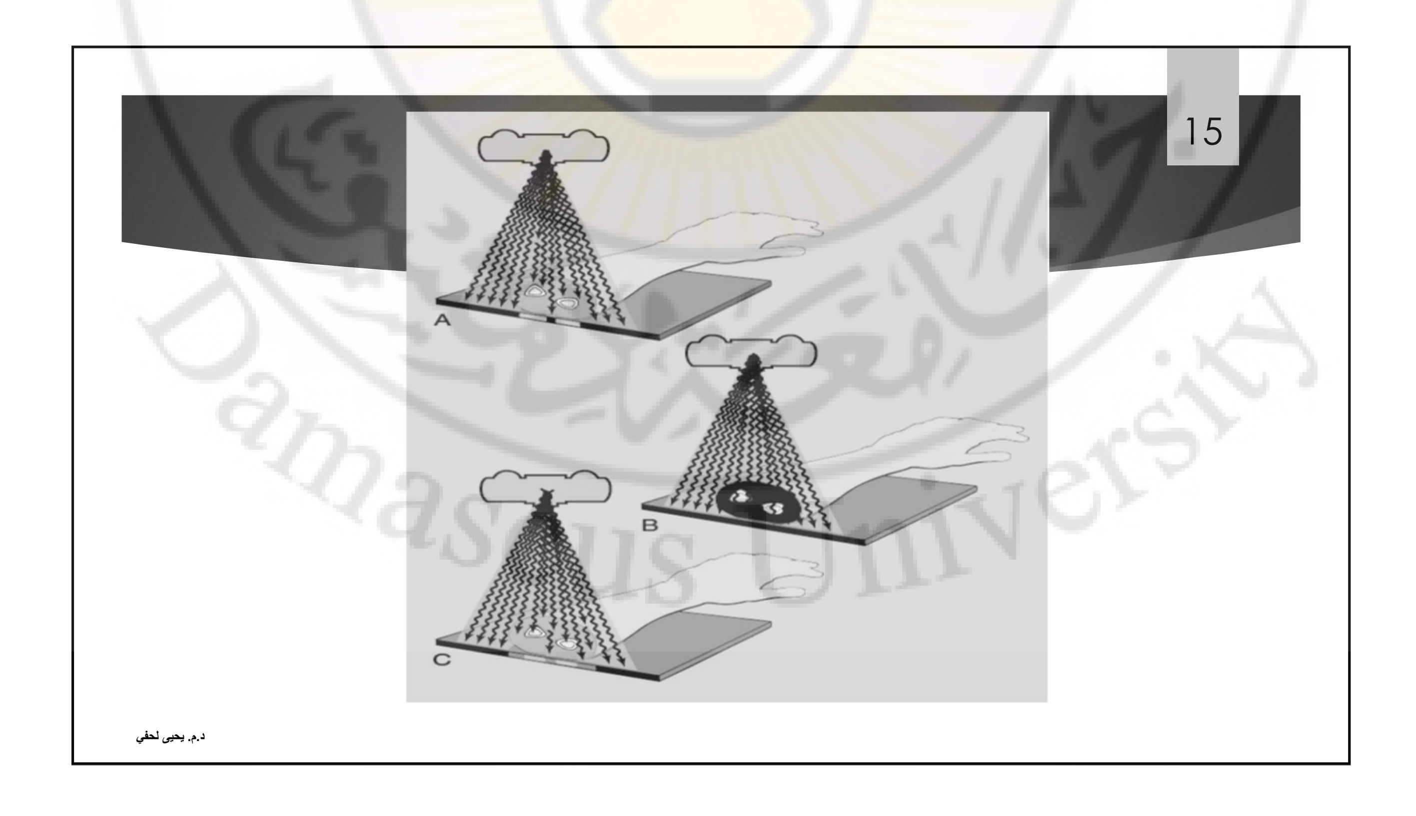

10
مساحة الحقل الإشعاعي
▶ تزداد الأشعة المتبعثرة بزيادة مساحة الحقل الإشعاعي
د.م. يحيى لحفي


11
مساحة الحقل الإشعاعي
B
د.م. يحيى لحفي


12
سماكة جسم المريض
تزداد الأشعة المتبعثرة عند زيادة سماكة المنطقة المراد تصويرها من الجسم.
تزداد زاوية انتثار الأشعة أيضاً عند زيادة السماكة
تلعب بنية النسيج المصور دوراً مهماً في توليد الأشعة المتبعثرة.
يمكن استخدام وسائل الضغط لتخفيض سماكة الجسم (خاصة عند تصوير الثدي)
د.م. يحيى لحفي


13
سماكة جسم المريض
د.م. يحيى لحفي

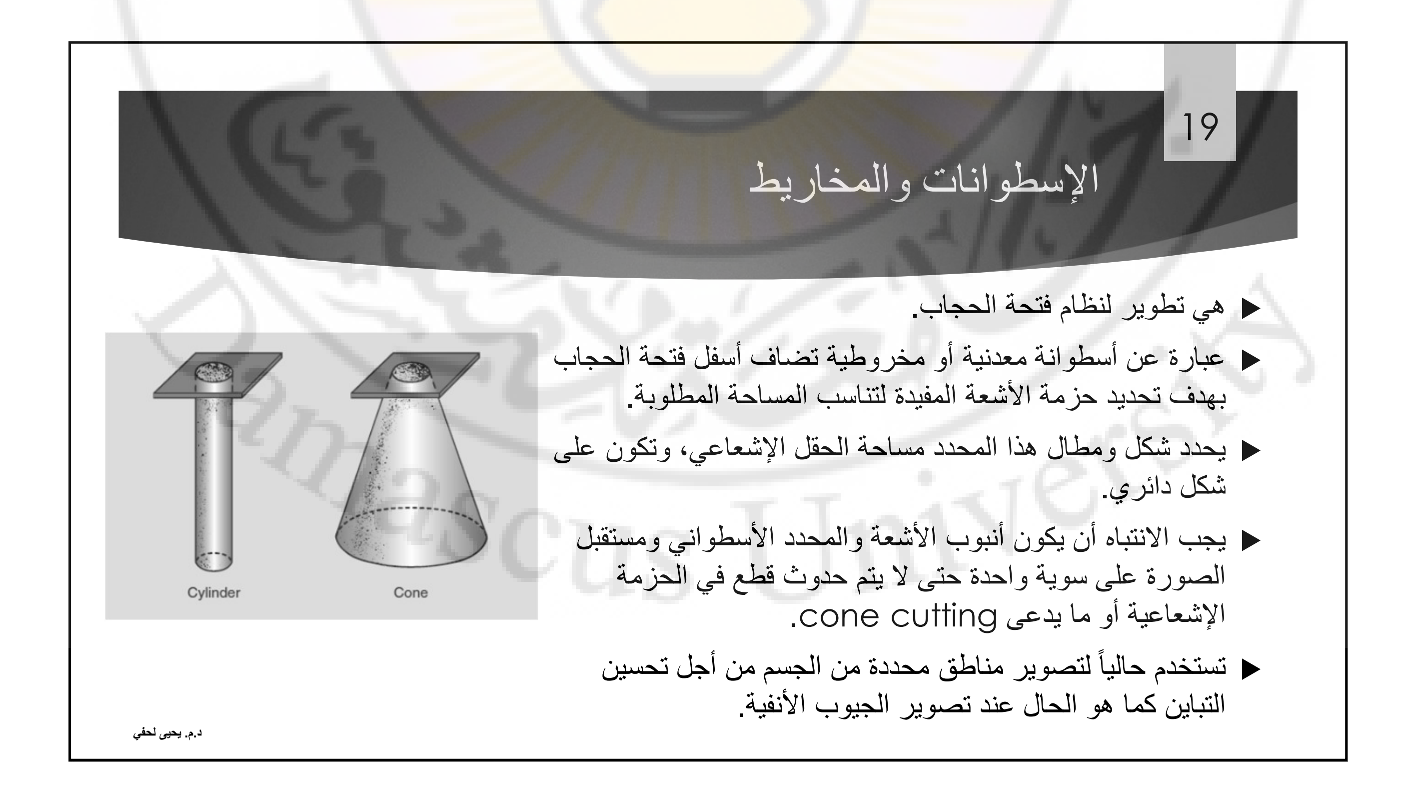

14
تأثير الأشعة المتبعثرة على تباين الصورة
يمكن الإشارة بتباين الصورة إلى درجة اختلاف الكثافة الضوئية OD بين مناطق الصورة الشعاعية المختلفة.
يدل مصطلح دقة التباين على إمكانية تصوير الأنسجة الرخوة والتمييز فيما بينها.
تستخدم محددات الحزمة الإشعاعية والشبكات المانعة للتبعثر لتخفيض أثر الأشعة المتبعثرة في الصورة الشعاعية.
د.م. يحيى لحفي


15
A
B
C
د.م. يحيى لحفي


16
محددات الحزمة الإشعاعية
يوجد ثلاثة أنواع من محددات الحزمة الإشعاعية:
فتحة الحجاب aperture diaphragm
الإسطوانات والمخاريط
مسددات الفتحة المضاءة المتغيرة
Diaphragm
Cylinder
Collimator
د.م. يحيى لحفي


17
فتحة الحجاب aperture diaphragm
هي أبسط محددات الحزمة الإشعاعية.
عبارة عن حاجز من الرصاص مرتبط بفتحة أنبوب الأشعة السينية.
يكون قياس الفتحة بحيث تغطي أقل من مساحة مستقبل الصورة.
تستخدم في أجهزة التصوير ذات البعد الثابت بين أنبوب الأشعة ومستقبل الصورة
A × B
SDD
SID
A/SDD = C/SID
B/SDD = D/SID
C × D
د.م. يحيى لحفي


18
فتحة الحجاب aperture diaphragm
د.م. يحيى لحفي


19
الإسطوانات والمخاريط
هي تطوير لنظام فتحة الحجاب.
عبارة عن أسطوانة معدنية أو مخروطية تضاف أسفل فتحة الحجاب بهدف تحديد حزمة الأشعة المفيدة لتتناسب المساحة المطلوبة.
يحدد شكل ومطال هذا المحدد مساحة الحقل الإشعاعي، وتكون على شكل دائري.
يجب الانتباه أن يكون أنبوب الأشعة والمحدد الأسطواني ومستقبل الصورة على سوية واحدة حتى لا يتم حدوث قطع في الحزمة الإشعاعية أو ما يدعى cone cutting.
تستخدم حالياً لتصوير مناطق محددة من الجسم من أجل تحسين التباين كما هو الحال عند تصوير الجيوب الأنفية.
Cylinder
Cone
د.م. يحيى لحفي


20
الإسطوانات والمخاريط
A
B
د.م. يحيى لحفي


21
مسددات الفتحة المضاءة المتغيرة
هي الأكثر شيوعاً في أجهزة التصوير التشخيصية.
First-stage entrance shutters
Fixed barrier
Outline of collimator housing
Image receptor
Rotating anode
Focal spot
Port of x-ray tube housing
Mirror
Second-stage long shutters
Second-stage cross shutters
Useful beam
Off-focus radiation
د.م. يحيى لحفي

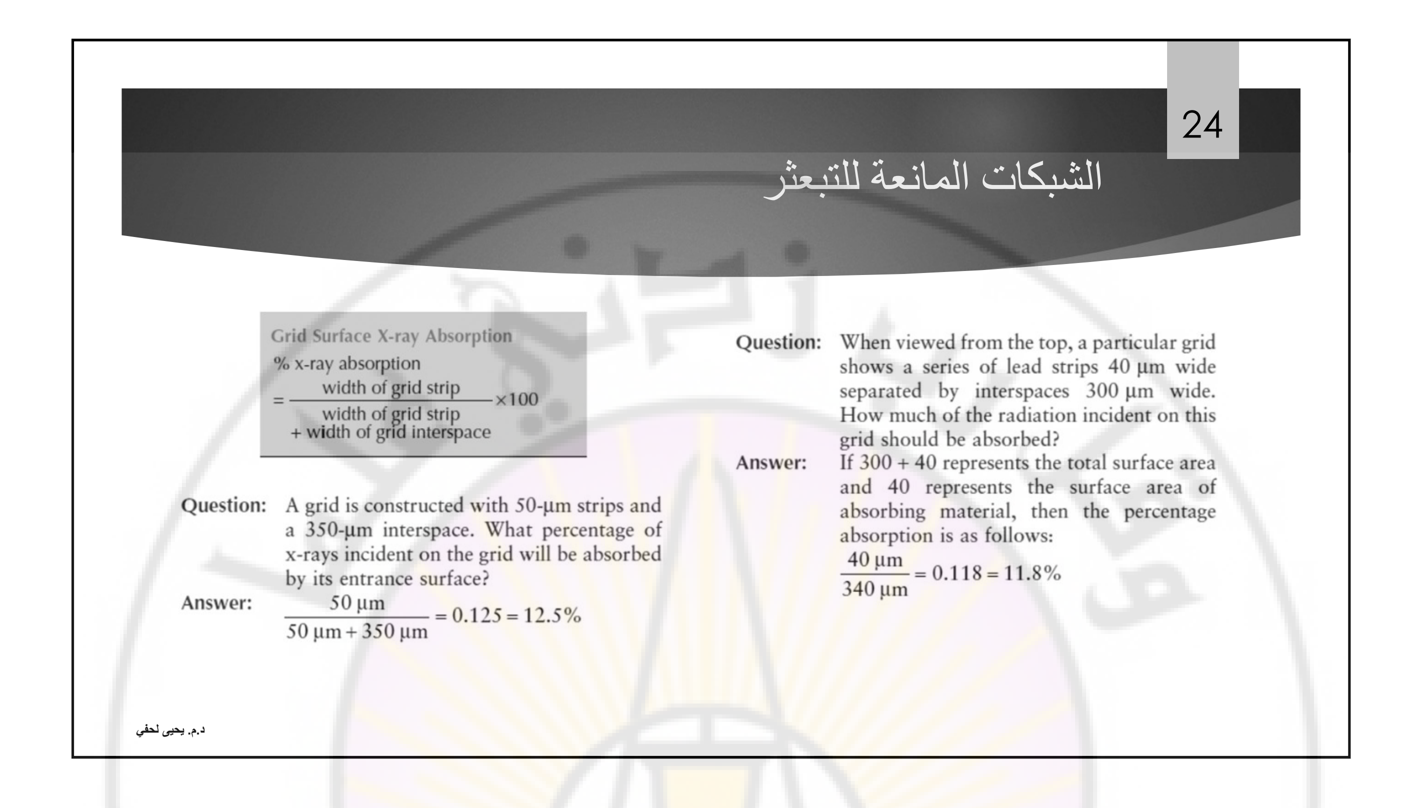
22

مسددات الفتحة المضاءة المتغيرة

- تزيد الأشعة السينية الناتجة عن تصادم الإلكترونات المسرعة بالمصعد في نقاط تقع خارج البقعة المحرقية من ضبابية الصورة الشعاعية.
- يستخدم مصراع shutter أولي مؤلف من عدد من الشفرات البارزة عند قمة المسدد للتحكم بهذه الأشعة.
- تصنع وريقات المصاريع الثانوية من الرصاص بسماكات لا تقل عن 3 ملم وتعمل بشكل مزودج ويتم التحكم بها بشكل مستقل لتعطي حقل إشعاعي مربع أو مستطيل.
- يتضمن هذا المسدد لمبة إضاءة مع مرآة عاكسة لتعطي مساحة مضاءة تطابق مساحة الحزمة الإشعاعية الناتجة عن المسدد.
- يجب التأكد من تطابق المساحتين الضوئية والإشعاعية ضمن برنامج ضمان جودة التصوير الإشعاعي.
- يدعى هذا النظام بجهاز تحديد الحزمة الإيجابي **positive beam limiting (PBL).**
- يمكن أن تسمح هذه المسددات بإضافة صفائح ترشيح للحزمة (0-1-2-3 مم من الألمنيوم غالباً)

د.م. يحيى لحفي




24
الشبكات المانعة للتبعثر
Grid Surface X-ray Absorption
% x-ray absorption
= width of grid strip / (width of grid strip + width of grid interspace) ×100
Question: When viewed from the top, a particular grid shows a series of lead strips 40 µm wide separated by interspaces 300 µm wide. How much of the radiation incident on this grid should be absorbed?
Answer: If 300 + 40 represents the total surface area and 40 represents the surface area of absorbing material, then the percentage absorption is as follows:
40 µm / 340 µm = 0.118 = 11.8%
Question: A grid is constructed with 50-µm strips and a 350-µm interspace. What percentage of x-rays incident on the grid will be absorbed by its entrance surface?
Answer: 50 µm / (50 µm + 350 µm) = 0.125 = 12.5%
د.م. يحيى لحفي


25
معدل الشبكة المانعة للتبعثر
للشبكة ثلاث محددات:
سماكة الشريحة T
عرض الفرجة بين الشرائح المتعاقبة D
سماكة الشبكة h
يحسب معدل الشبكة بالمعادلة:
Grid ratio = h/D
h
T
D
Question: A grid is fabricated of 30-µm lead grid strips sandwiched between interspace material that is 300 µm thick. The height of the grid is 2.4 mm. What is the grid ratio?
Answer: Grid ratio = h/D = 2400 µm / 300 µm = 8 : 1
Grid Ratio
Grid ratio = h/D
د.م. يحيى لحفي

26

معدل الشبكة المانعة للتبعثر

- تكون معدلات الشبكة عادة من 5:1 حتى 16:1.
- تستخدم معدلات الشبكة العالية عند استخدام جهود كهربائية عالية.
- تستخدم شبكات ذات معدل 8:1 حتى 10:1 في التصوير الشعاعي الروتيني.
- تحذف الشبكة ذات المعدل 5:1 الأشعة المتبعثرة بنسبة 85% بينما تحذف الشبكة ذات المعدل 16:1 تللك الأشعة بمعدل 97%.
- تزيد معدلات الشبكة العالية من جرعة المريض.

د.م. يحيى لحفي

27

تردد الشبكة مانعة التبعثر

- هو عدد الشرائح الرصاصية في سنتمتر واحد.
- لا تعطي الشبكات ذات الترددات العالية خطوطاً ظاهرة في الصورة الشعاعية مقارنة بالشبكات ذات الترددات المنخفضة.
- تؤدي الشبكات ذات الترددات العالية إلى زيادة في جرعة المريض.
- غالباً ما تكون قيم ترددات الشبكات محصورة ما بين 25 و45 خطاً في السنتمتر الواحد.
- في أجهزة تصوير الثدي الإشعاعية تستخدم شبكات ذات معدل 4:1 أو 5:1 و بتردد 80 خطاً في السنتمتر الواحد.

Question: What is the grid frequency of a grid that has a grid strip width of 30 μm and an interspace width of 300 μm?

Answer: If one line pair = 300 μm + 30 μm = 330 μm, how many line pairs are in 10,000 μm (10,000 μm = 1 cm)?

$$\frac{10{,}000\ \mu m/cm}{330\ \mu m/\text{line pair}} = 30.3\ \text{lines/cm}$$

د.م. يحيى لحفي

28

معامل تحسين التباين

- يعبر معامل تحسين التباين للشبكة عن نسبة زيادة التباين في الصورة الشعاعية بعد وضع الشبكة.
- تكون قيمة هذا المعامل ما بين 1.5 و 2.5 ويحسب عادة عند الجهد 100 kVp.
- يتعلق معامل تحسين التباين بطيف الأشعة السينية، سماكة المريض، ونوع النسيج المصور.
- يحسب كما يلي:

Question: An aluminum step wedge is placed on a tissue phantom that is 20 cm thick and a radiograph is made. Without a grid, analysis of the radiograph shows an average gradient (a measure of contrast) of 1.1. With a 12:1 grid, radiographic contrast is 2.8. What is the contrast improvement factor of this grid?

Answer: $k = \frac{2.8}{1.1} = 2.55$

Contrast Improvement Factor

$$k = \frac{\text{image contrast with grid}}{\text{image contrast without grid}}$$

د.م. يحيى لحفي

29

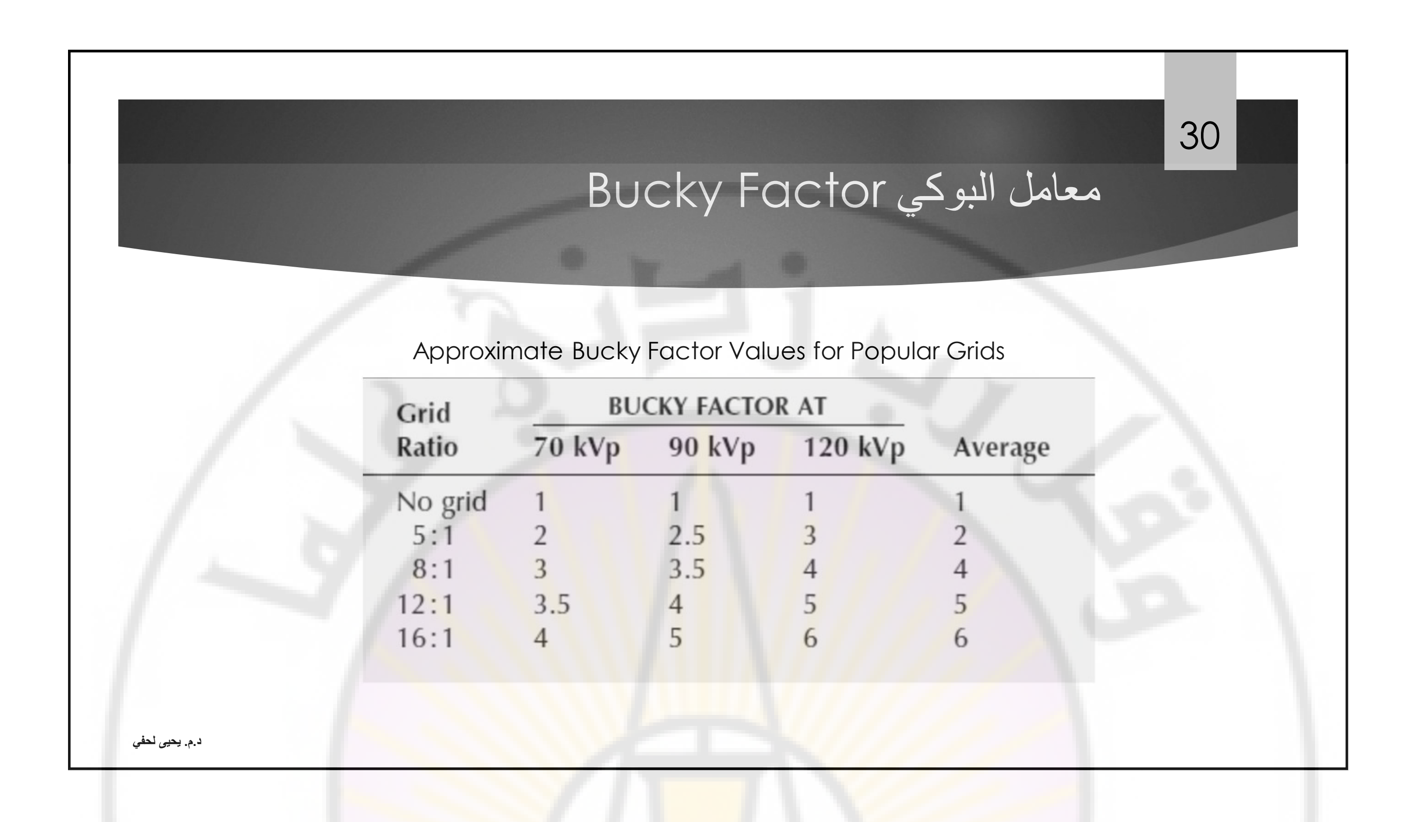
معامل البوكي Bucky Factor

- يعبر معامل البوكي عن نسبة الزيادة في جرعة المريض الناتجة عن استخدام الشبكة المانعة للتبعثر.
- يعبر عن نسبة نفاذية الأشعة الأولية والثانوية عبر الشبكة
- يحسب من العلاقة:

Bucky Factor

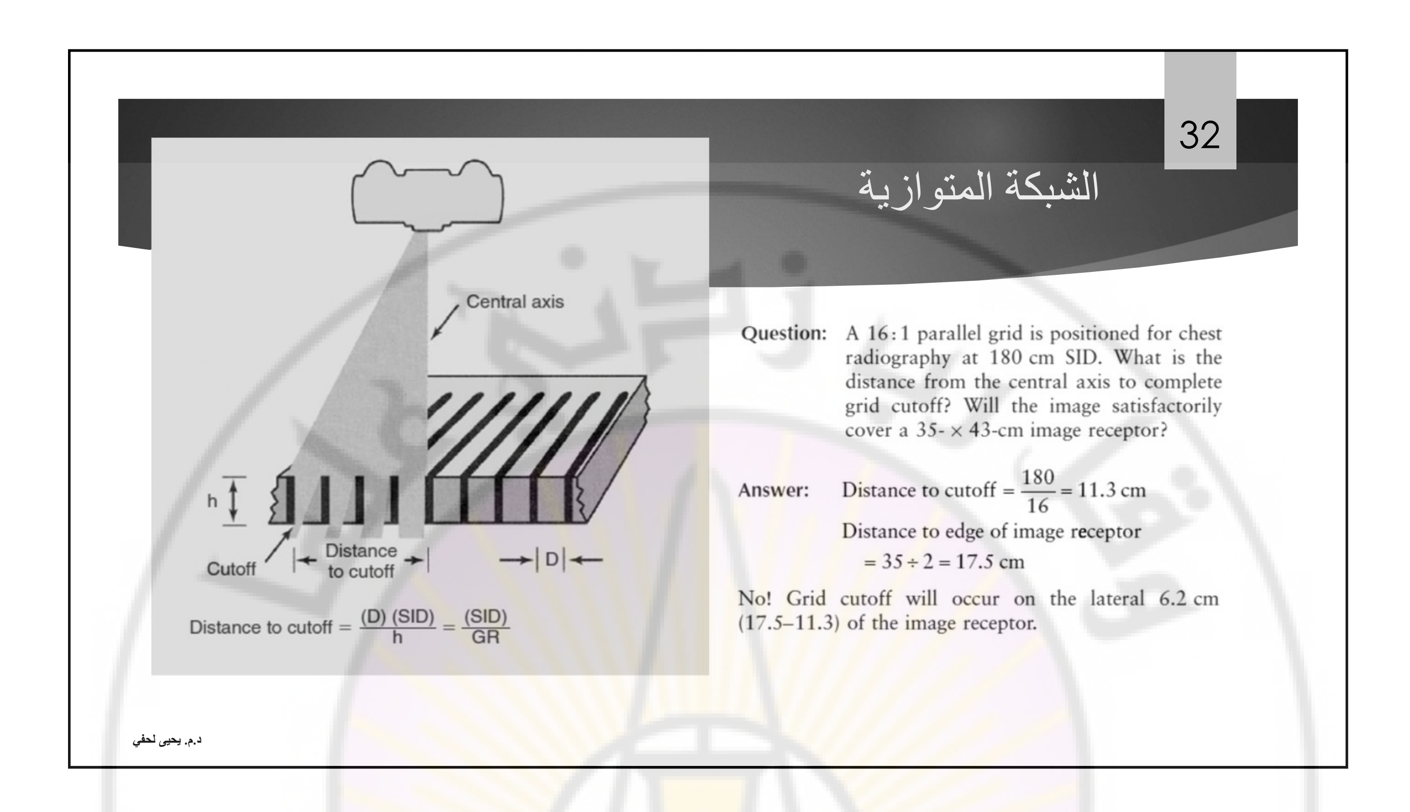
$$B = \frac{\text{Incident remnant x-rays}}{\text{Transmitted image–forming x-rays}} = \frac{\text{Patient dose with grid}}{\text{Patient dose without grid}}$$

د.م. يحيى لحفي



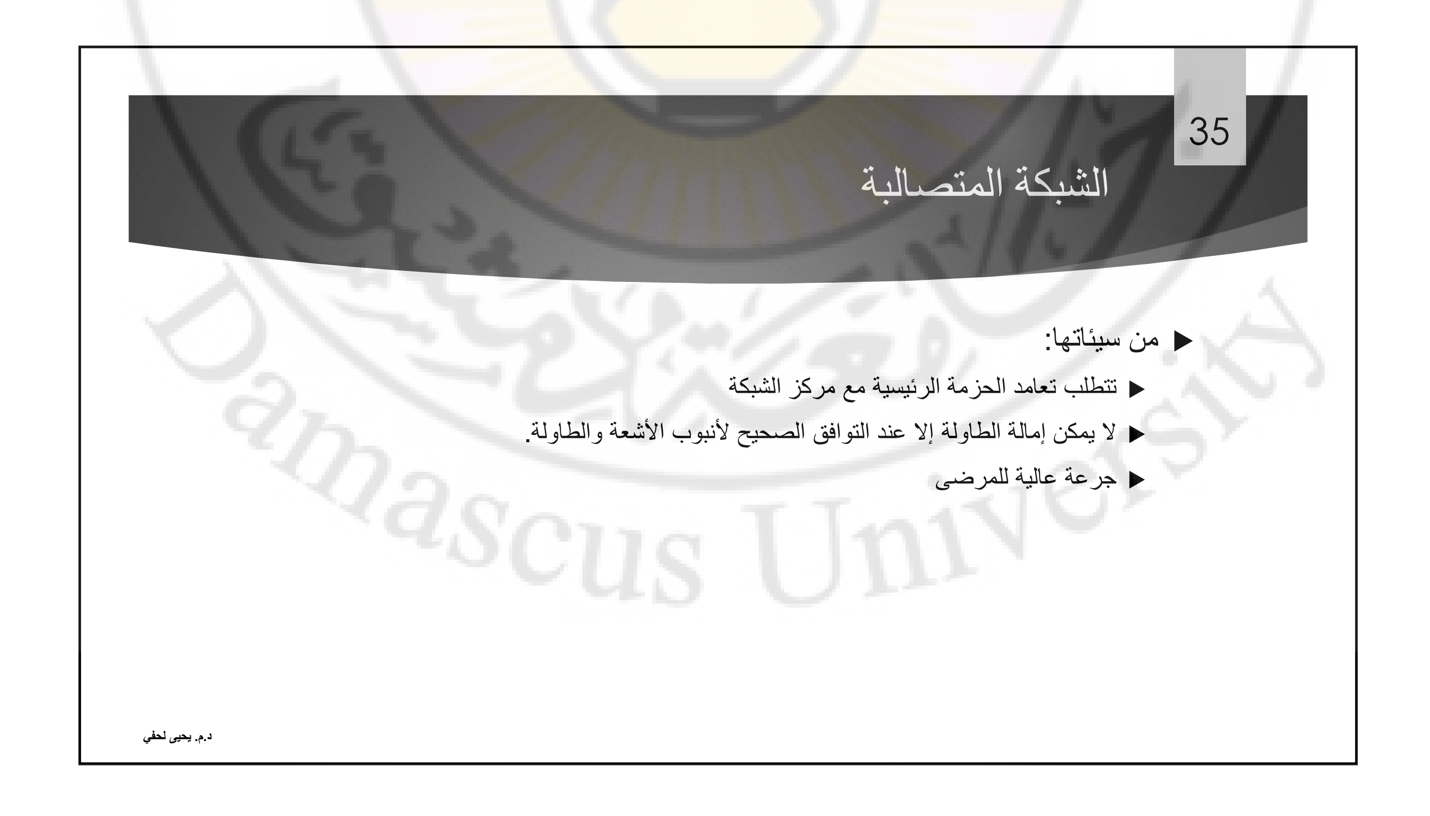
Grid Ratio	BUCKY FACTOR AT 70 kVp	90 kVp	120 kVp	Average
No grid	1	1	1	1
5:1	2	2.5	3	2
8:1	3	3.5	4	4
12:1	3.5	4	5	5
16:1	4	5	6	6




32
الشبكة المتوازية
Central axis
h
Cutoff
Distance to cutoff
D
Distance to cutoff = (D) (SID) / h = (SID) / GR
Question: A 16:1 parallel grid is positioned for chest radiography at 180 cm SID. What is the distance from the central axis to complete grid cutoff? Will the image satisfactorily cover a 35- × 43-cm image receptor?
Answer: Distance to cutoff = 180/16 = 11.3 cm
Distance to edge of image receptor
= 35 ÷ 2 = 17.5 cm
No! Grid cutoff will occur on the lateral 6.2 cm (17.5–11.3) of the image receptor.
د.م. يحيى لحفي


33
الشبكة المتوازية
A, Radiograph taken with a 6 : 1 parallel grid at a source-to-image receptor distance (SID) of 76 cm.
B, Radiograph taken with 6 : 1 parallel grid at an SID of 61 cm. Optical density decreases from the center to the edge of the image and to complete cutoff
A
B
د.م. يحيى لحفي


34
الشبكة المتصالبة
▶ تقوم الشبكة المتصالبة بحذف الأشعة المتبعثرة في الاتجاهين ضمن مستوى الصورة.
▶ تتعامد شرائح الرصاص فيها.
▶ يكون لها معامل تحسين تباين أعلى من الشبكة المتوازية) فالشبكة المتصالبة 6:1 تزيل من الأشعة المتبعثرة ما يكافىء ما تزيله شبكة متوازية 12:1.
▶ تصنع الشبكة المتصالبة عادة من شبكتين متوازيتين بحيث تتعامد الشرائح الرصاصية فيهما.
د.م. يحيى لحفي


35
الشبكة المتصالبة
▶ من سيئاتها:
▶ تتطلب تعامد الحزمة الرئيسية مع مركز الشبكة
▶ لا يمكن إمالة الطاولة إلا عند التوافق الصحيح لأنبوب الأشعة والطاولة.
▶ جرعة عالية للمرضى
د.م. يحيى لحفي


36
الشبكة المبئرة
▶ صممت لتلافي قطع الشبكة
▶ تتوضع الشرائح الرصاصية فيها بحيث تمرر الأشعة الرئيسية وفق خطوط انتشارها من البقعة المحرقية.
▶ تتميز كل شبكة مبئرة بمسافة محرقية والتي لا تظهر فيها عيوب قطع الشبكة
▶ لا يمكن استخدامها من الوجهين بل يجب أن تستخدم والوجه المخصص باتجاه أنبوب الأشعة حصراً.
Focus of grid
Focal distance
د.م. يحيى لحفي

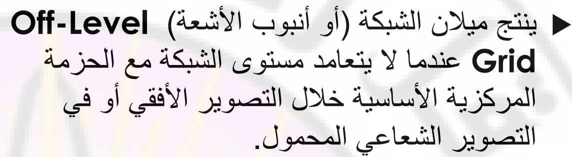

37
الشبكة المتحركة
▶ صممت للتخلص من أثر ظهور خطوط الشبكة على الصورة الشعاعية.
▶ يتم تحريك الشبكة حركة عرضانية سريعة أثناء التصوير.
▶ تكون الشبكات المبئرة عادة متحركة.
▶ تسبب آلية تحريك الشبكة بزيادة المسافة ما بين المريض ومستقبل الصورة مما يؤدي إلى حدوث تكبير في خيال الجسم في الصورة الشعاعية.
▶ قد تتسبب ببعض الضبابية في الصورة الشعاعية.
▶ تستعمل على نطاق واسع في التصوير الشعاعي.
Grid
Cassette
Cassette tray
Grid movement
د.م. يحيى لحفي

38

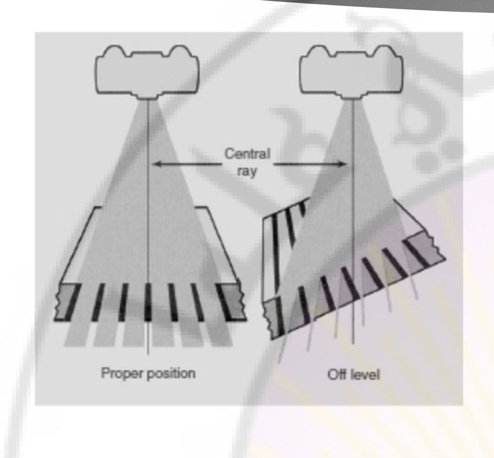
مشاكل استخدام الشبكة: Off-Level Grid



- إن التوضع والاستخدام الخاطىء للشبكة يؤدي إلى حدوث قطع الشبكة.



- ينتج ميلان الشبكة (أو أنبوب الأشعة) **Off-Level Grid** عندما لا يتعامد مستوى الشبكة مع الحزمة المركزية الأساسية خلال التصوير الأفقي أو في التصوير الشعاعي المحمول.
- يؤدي ذلك إلى انخفاض في الكثافة الضوئية في الصورة.

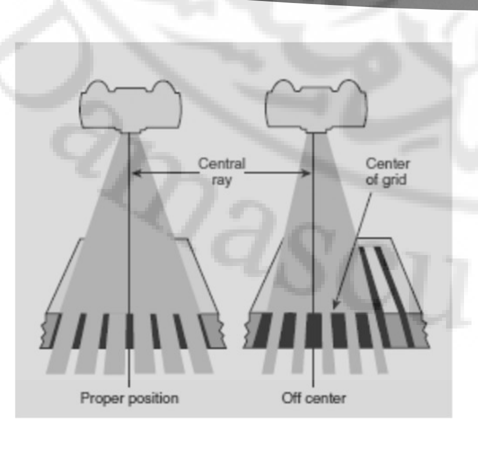


د.م. يحيى لحفي

39

مشاكل استخدام الشبكة: Off-Center Grid

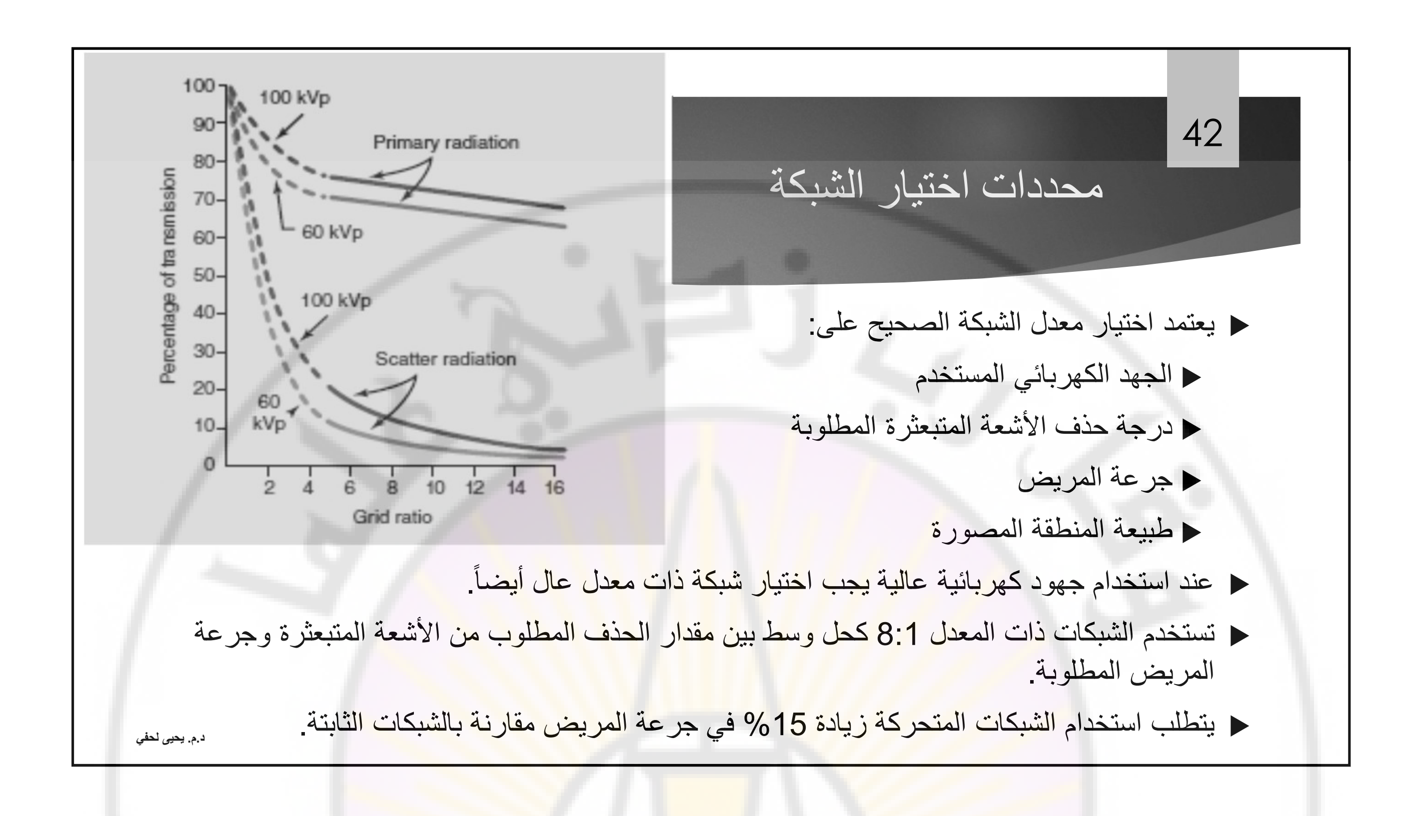
- ينتج ذلك عندما لا يتطابق مركز الشبكة مع الحزمة المركزية الأساسية نتيجة انزياح جانبي في تموضعها.
- عادة يكون بسبب انزياح في أنبوب الأشعة
- يؤدي ذلك إلى انخفاض في الكثافة الضوئية على مستوى الصورة الشعاعية الناتجة.

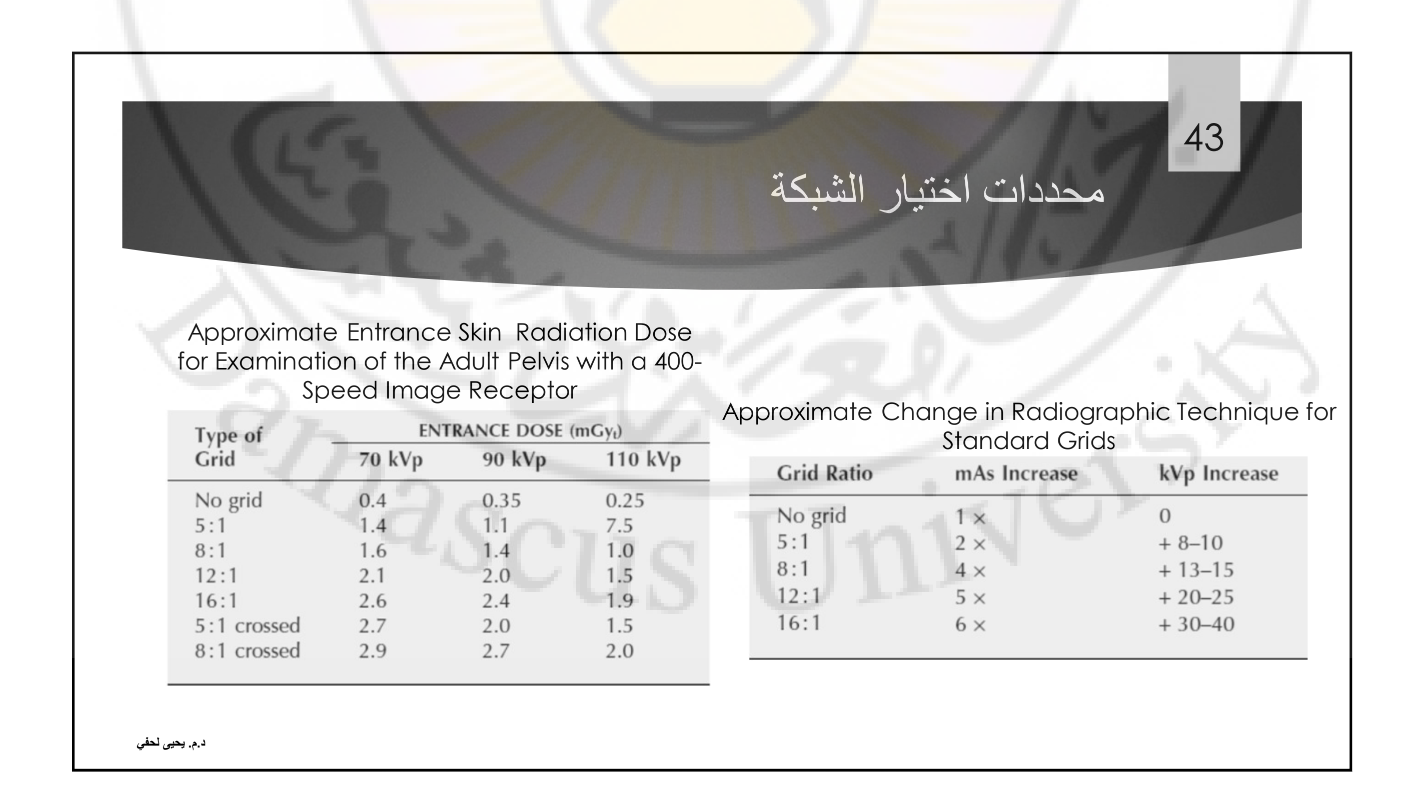


د.م. يحيى لحفي


40
مشاكل استخدام الشبكة: Off-Focus Grid
▶ ينتج عند استخدام شبكة مبئرة على مسافة SID تختلف عن القيمة المحددة لها بحسب الشبكة.
▶ كلما ازدادت المسافة عن تلك المحددة كلما كان النتائج أكثر سوءاً.
Central ray
Proper position
Off focus
د.م. يحيى لحفي


41
مشاكل استخدام الشبكة: Upside-Down Grid
▶ ينتج عند استخدام الشبكة المبئرة باستخدام الوجه الغير مخصص باتجاه أنبوب الأشعة.
▶ يؤدي إلى حدوث قطع الشبكة بشكل واضح في الصورة الشعاعية.
Central ray
Proper position
Upside down
د.م. يحيى لحفي

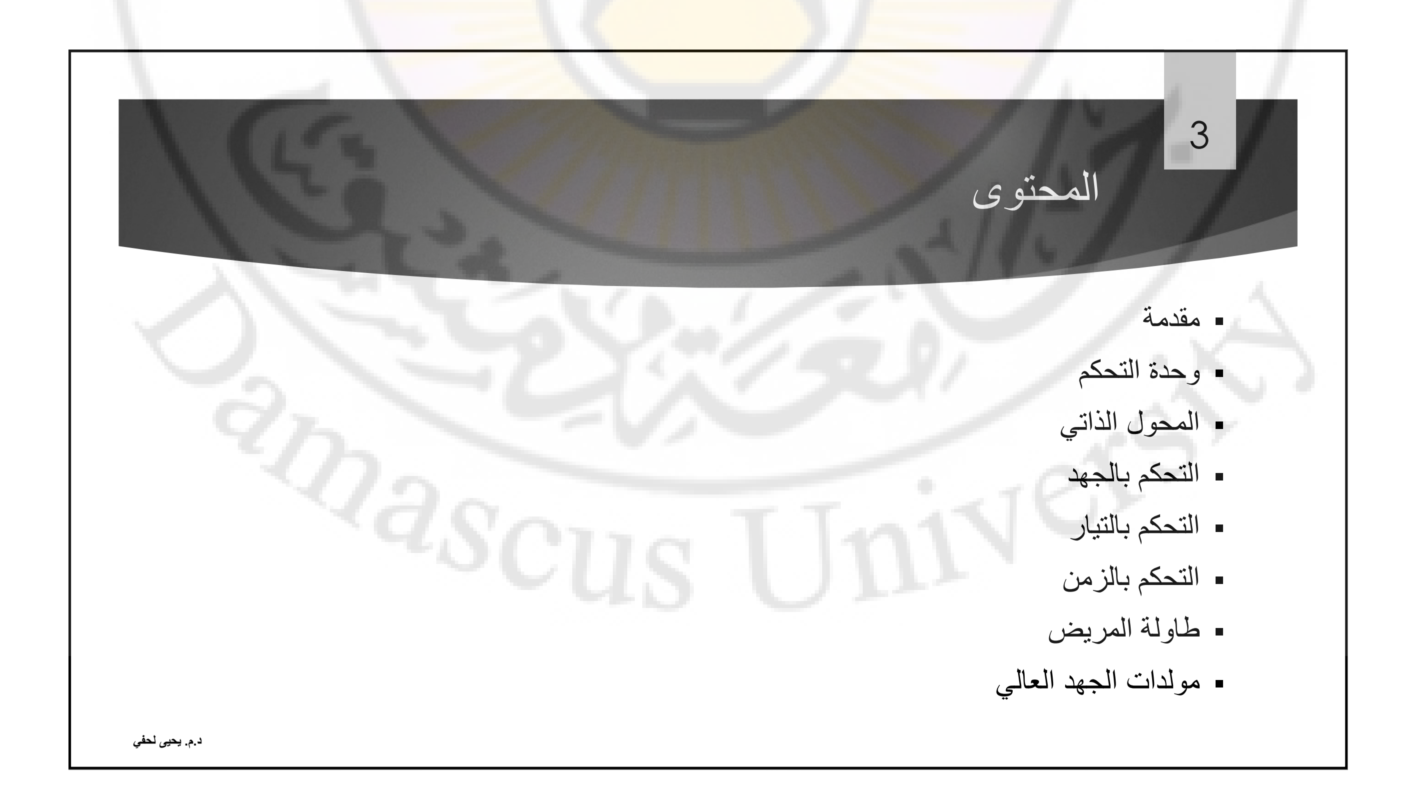




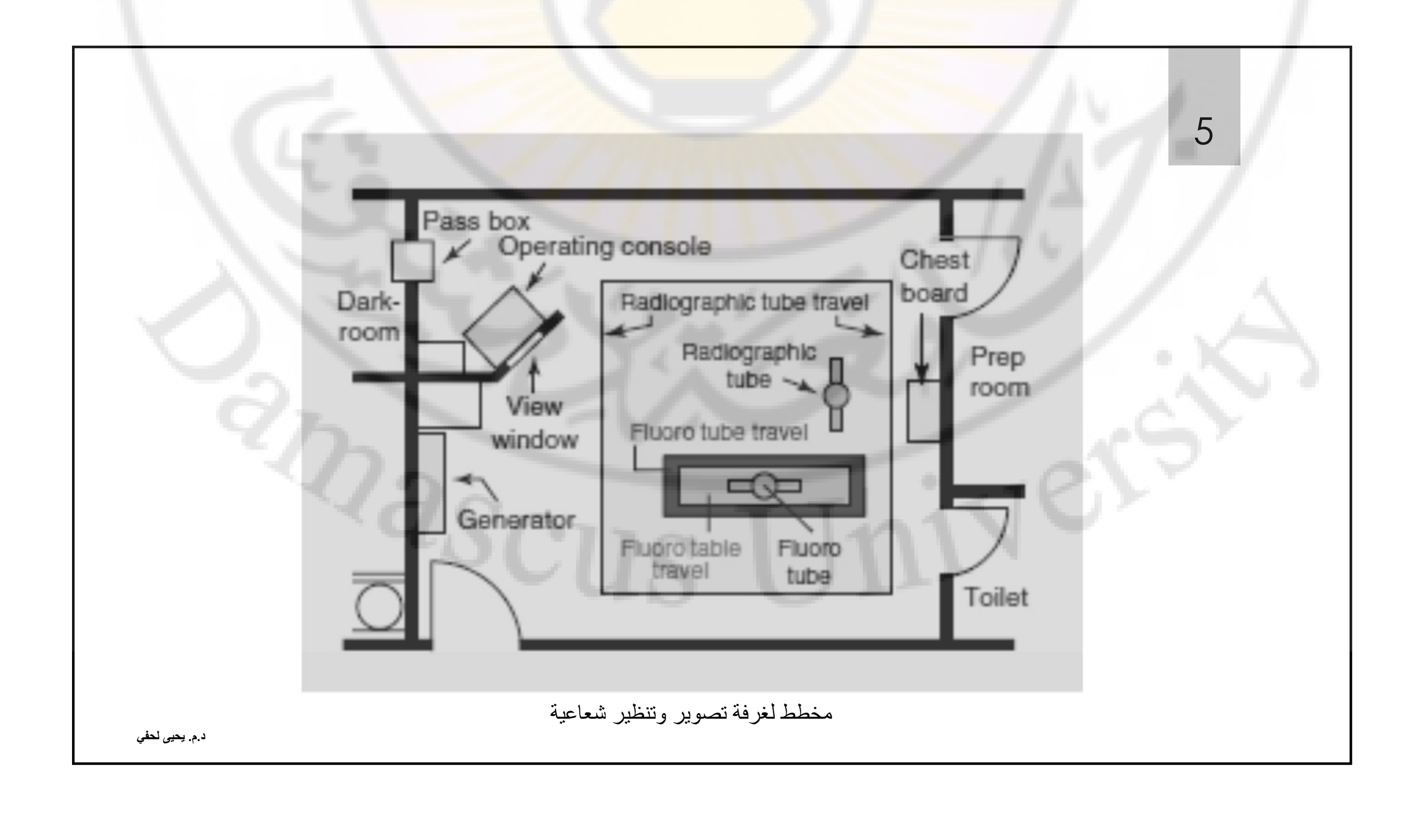
Type of Grid	ENTRANCE DOSE (mGy)		
	70 kVp	90 kVp	110 kVp
No grid	0.4	0.35	0.25
5:1	1.4	1.1	7.5
8:1	1.6	1.4	1.0
12:1	2.1	2.0	1.5
16:1	2.6	2.4	1.9
5:1 crossed	2.7	2.0	1.5
8:1 crossed	2.9	2.7	2.0

Grid Ratio	mAs Increase	kVp Increase
No grid	1 ×	0
5:1	2 ×	+ 8–10
8:1	4 ×	+ 13–15
12:1	5 ×	+ 20–25
16:1	6 ×	+ 30–40


كلية العلوم الصحية
Damascus University
التحكم بالجهد والزمن والتيار
في أنبوب الأشعة السينية
الدكتور المهندس يحيى لحفي
2022-2021


3
المحتوى
مقدمة
وحدة التحكم
المحول الذاتي
التحكم بالجهد
التحكم بالتيار
التحكم بالزمن
طاولة المريض
مولدات الجهد العالي
د.م. يحيى لحفي


4
جهاز التصوير الإشعاعي البسيط
يتكون جهاز الأشعة بغض النظر عن تصميمه من ثلاثة أجزاء رئيسية هي:
1- أنبوب الأشعة
2- جهاز التحكم
3- مولد الجهد العالي
يمكن أن تجتمع هذه الأجزاء في بعض أجهزة الأشعة مثل المحمولة والسنية ضمن هيكل واحد
يكون أنبوب الأشعة غالباً في غرفة الفحص بينما تتوضع وحدة التحكم في غرفة منفصلة يمكن الوصول إليها من دون الحاجة للمرور في غرفة الفحص
يتوضع مولد الجهد العالي ضمن خزانة جدارية في غرفة الفحص عادة
د.م. يحيى لحفي


5
Pass box
Operating console
Dark-room
Radiographic tube travel
Chest board
Radiographic tube
Prep room
View window
Fluoro tube travel
Generator
Fluoro table travel
Fluoro tube
Toilet
مخطط لغرفة تصوير وتنظير شعاعية
د.م. يحيى لحفي

6

وحدة التحكم Operating Console

- تقوم وحدة التحكم بالوظائف التالية:

1- التحكم بمقدار الجهد المغذي لأنبوب الأشعة

2-تحديد قيمة تيار أنبوب الأشعة

3- تحديد زمن التعريض

- يعبر عن عدد فوتونات الأشعة السينية أو شدة الإشعاع بكمية الأشعة وواحدتها mGy أو mGy/mAs
- يعبر عن نفوذية الأشعة السينية بجودة الحزمة الإشعاعية والمرتبطة بالجهد المطبق kVp أو طبقة النصف HVL
- تحتوي وحدة التحكم على وحدات إظهار للجهد والتيار والزمن وبالإضافة إلى مفاتيح لتغيير قيم هذه المعاملات

د.م. يحيى لحفي

7

مخطط دارة وحدة التحكم في جهاز الأشعة

د.م. يحيى لحفي

8

المحول الذاتي autotransformer

- يقوم المحول الذاتي بتزويد كل من دارة الفتيل ودارة الجهد العالي بالجهد اللازم بدقة
- من أجل قيمة جهد كهربائي في الدخل 220 V فإن خرج المحول يكون من 100 إلى 400 فولت

د.م. يحيى لحفي

9



وحدة تحكم لأنبوب أشعة سقفي

د.م. يحيى لحفي

10

التحكم بالجهد العالي kVp

- يوجد في بعض الأجهزة مفاتيح تغيير كبير في قيم الجهد kVp بالإضافة إلى مفاتيح للتوليف الدقيق في هذه القيم
- تحدد قيمة الجهد kVp عن طريق اختيار قيمة الجهد من المحول الذاتي إلى دخل محول الجهد العالي
- يوضع مقياس الجهد الكهربائي عند مخرج المحول الذاتي ويسمح بقراءة الجهد kVp المختار حتى قبل التعريض أو ما يسمى prereading kVp meter.

د.م. يحيى لحفي

11

التحكم في تيار الأنبوب

- يقاس التيار الكهربائي بين مهبط ومصعد أنبوب الأشعة السينية بالميلي أمبير mA
- يتحدد عدد الإلكترونات الصادرة عن فتيل المهبط بدرجة حرارته والتي يُتحكم بها بواسطة شدة التيار الكهربائي المار فيه والذي يقاس بالأمبير A وتكون قيمته عادة ما بين 3 و 6 آمبير بحيث كلما ازداد التيار الكهربائي ازداد عدد الإلكترونات الصادرة عن المهبط
- كذلك كلما ازداد الجهد kVp كلما أصبح المصعد أكثر جذباً للإلكترونات من المهبط حتى تلك التي لاتملك طاقة كافية لمغادرة منطقة الفتيل وبالتالي تنضم هذه الإلكترونات إلى تيار الإلكترونات والذي يؤدي إلى زيادة بالتيار مع ازدياد الجهد kVp

د.م. يحيى لحفي

12

التحكم في تيار الأنبوب

- يتم التحكم بتيار الأنبوب عن طريق دارة التحكم بالفتيل والتي تزود المستخدم بمحطات لتيار الأنبوب مثال: 100, 200, or 300 mA
- يقوم محول الفتيل بتخفيض الجهد الكهربائي على طرفي الفتيل (12 V) وبالتالي زيادة التيار عبره
- يوضع مقياس تيار الأنبوب في منتصف محول الخرج للجهد العالي

د.م. يحيى لحفي

13

التحكم في تيار الأنبوب

- إن جداء تيار الأنبوب mA بزمن التعرض s يعبر عن الشحنة الكهربائية الساكنة C وبالتالي يمكن معرفة عدد الإلكترونات الساقطة على المصعد
- مثال:
  - I= 400 mA, s=100 ms
  - (400 mA) (0.1 s)= 40 mAs = 40 mC
  - 40 mC=(40×10^{-3}) (6.3×10^{18}) =2.52×10^{17} electrons

mA

مكان توضع مقياس تيار الأنبوب

د.م. يحيى لحفي

14

التحكم بزمن التعريض

- تقوم وحدة التحكم بزمن التعريض بتزويد المستخدم بمجال عريض من اختيارات أزمنة التعريض
- تكون دارة المؤقت منفصلة تماماً عن الدارات الأساسية لجهاز التصوير وتتحدد مهمتها بتزويد أو إيقاف تزويد أنبوب الأشعة بالجهد العالي
- وتتوضع من جهة الملف الابتدائي لمحول الجهد العالي
- ويتواجد أربعة نماذج من دارات التوقيت ثلاث منها يدوية وواحدة آلية

د.م. يحيى لحفي

15

التحكم بزمن التعريض -المؤقتات المتزامنة:

- تعتمد على المحركات الكهربائية المتزامنة synchronous motor وهي عبارة عن أجهزة دقيقة تعتمد على تردد التيار المزود لها في حركتها 50 دورة (أو 60) بالثانية وتكون أصغر زمن يمكن ضبطه هو 1/50 أو 1/60 من الثانية أي 20 أو 17 ميلي ثانية. ولا تستخدم هذه المؤقتات من أجل التعرضات المتتالية لحاجتها إلى تصفير من أجل كل تعريض.

د.م. يحيى لحفي

16

التحكم بزمن التعريض -المؤقتات الإلكترونية

- أكثر دقة وتعقيداً وتعتمد على مبدأ شحن مكثف عبر مقاومة متغيرة، تعطي طيف كبير من اختيارات التوقيت ابتداءاً من 1 ms ويمكن استخدامها في التعرضات المتتالية

د.م. يحيى لحفي

17

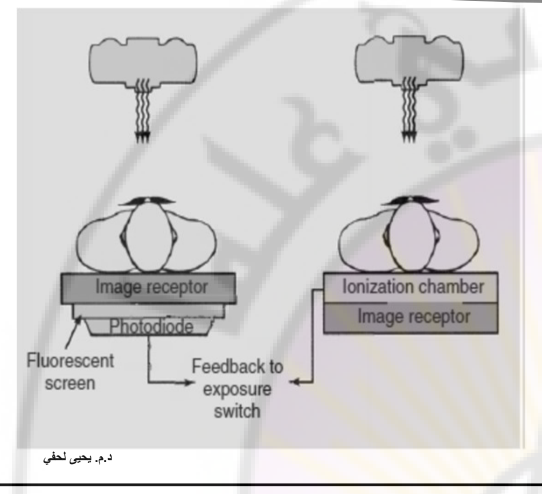
التحكم بزمن التعريض - مؤقتات التيار بالثانية mAs

- هو أحد أنواع المؤقتات الإلكترونية الذي يراقب جداء التيار بالزمن وينهي التعريض عند الوصول إلى القيمة المطلوبة من mAs. ويستخدم أعلى تيار آمن للأنبوب عند أقصر زمن تعريض ممكن

د.م. يحيى لحفي

18

التحكم بزمن التعريض ـ التحكم الآلي بالتعريض Automatic Exposure Control (AEC)



- عبارة عن جهاز يقيس كمية الأشعة الواصلة على سطح الكاشف ويقوم بإيقاف التعريض عندما تصل قيمتها إلى مستوى شدة الأشعة المطلوب، ويتكون من حجيرة تأين مسطحة ومتوازية توضع بين المريض ومستقبل الصورة بحيث لا تتداخل مع الصورة الشعاعية. يؤدي التأيين الحاصل في هذه الحجيرة إلى توليد شحنة كهربائية بحيث يتوقف التعريض عندما تصل قيمتها إلى السوية المطلوبة
- تتم معايرة AEC بواسطة فانتوم خاص وبما يتناسب مع جودة الصورة المطلوبة

د.م. يحيى لحفي

19

التحكم بزمن التعريض ـ التحكم الآلي بالتعريض Automatic Exposure Control (AEC)

- يحدد فني الأشعة كلاً من الجهد والتيار اللازم للتصوير بينما يوقف AEC التعريض عند وصول قيمة إشارته المقدار المحدد سلفاً.
- عادة يوضع AEC بالإضافة لدارة التوقيت الإلكترونية ويستخدم بحذر عند الجهود kVp المنخفضة
- عند استخدام AEC يوضع المؤقت الإضافي عند قيمة 1.5 من القيمة الاعتيادية للتعريض وذلك لضمان إيقاف التعريض عند حدوث أي خلل في الإيقاف الآلي للتعرض حفاظاً على عدم تعريض المريض إلى أية جرعة إضافية.

د.م. يحيى لحفي

20

طاولة المريض Patient Couch



- تستخدم طاولة المريض في جميع أجهزة التصوير الإشعاعية بغض النظر عن قياسها ونوعها
- مواصفات طاولة الفحص: يجب أن تكون:
  - مسطحة أو منحية تناسب شكل الجسم
  - ذات سماكة واحدة أو متجانسة
  - شفافة للأشعة قدر الإمكان لذلك تستخدم ألياف الكربون القوية وذات الامتصاص الضعيف للأشعة في تصنيعها مما يخفض من جرعة المريض
  - سهولة تحريكها من قبل فني الأشعة
- يوجد أسفل الطاولة مباشرة فتحة لوضع الفيلم و اللوحة مانعة التبعثر

د.م. يحيى لحفي

21

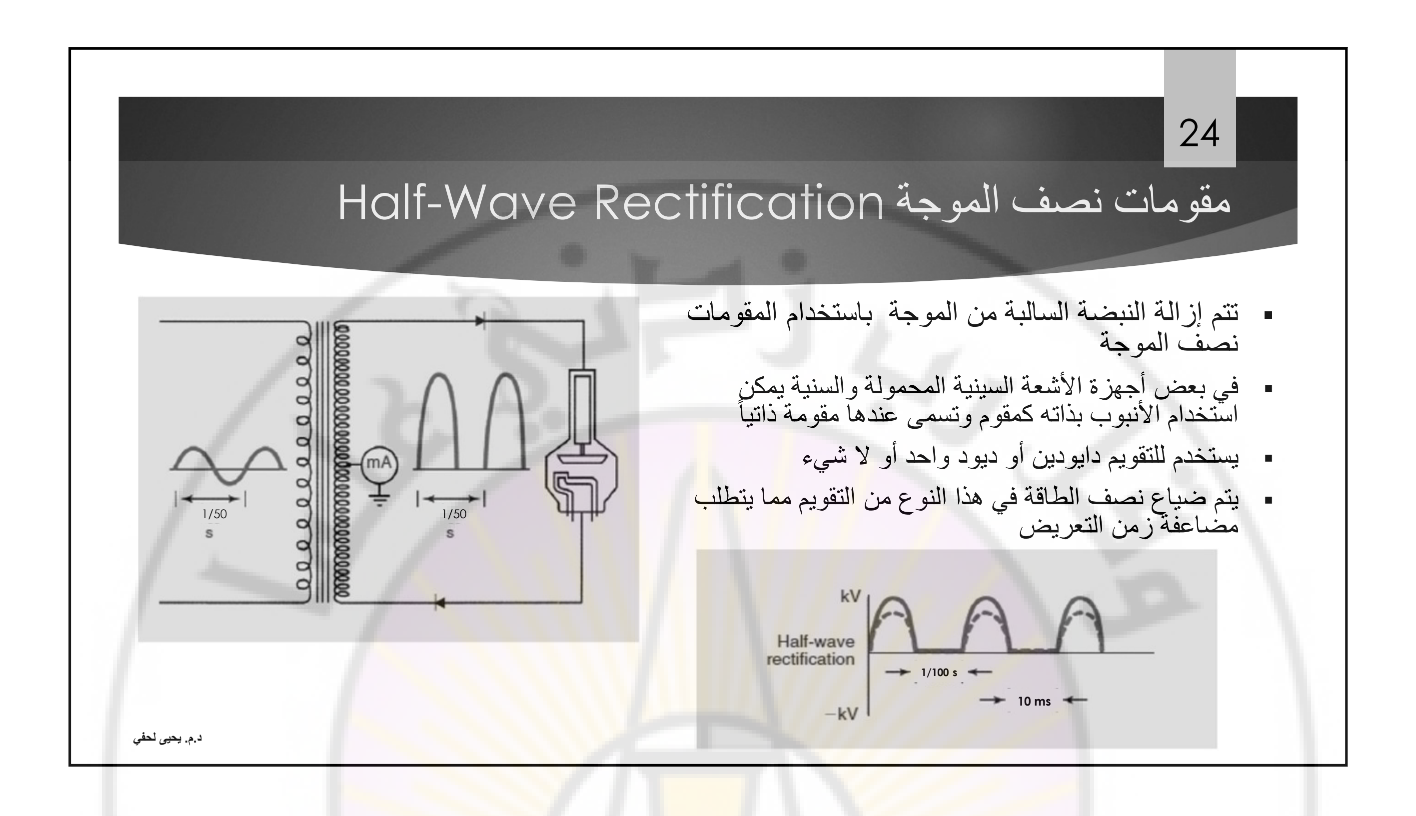
مولدات الجهد العالي kVp

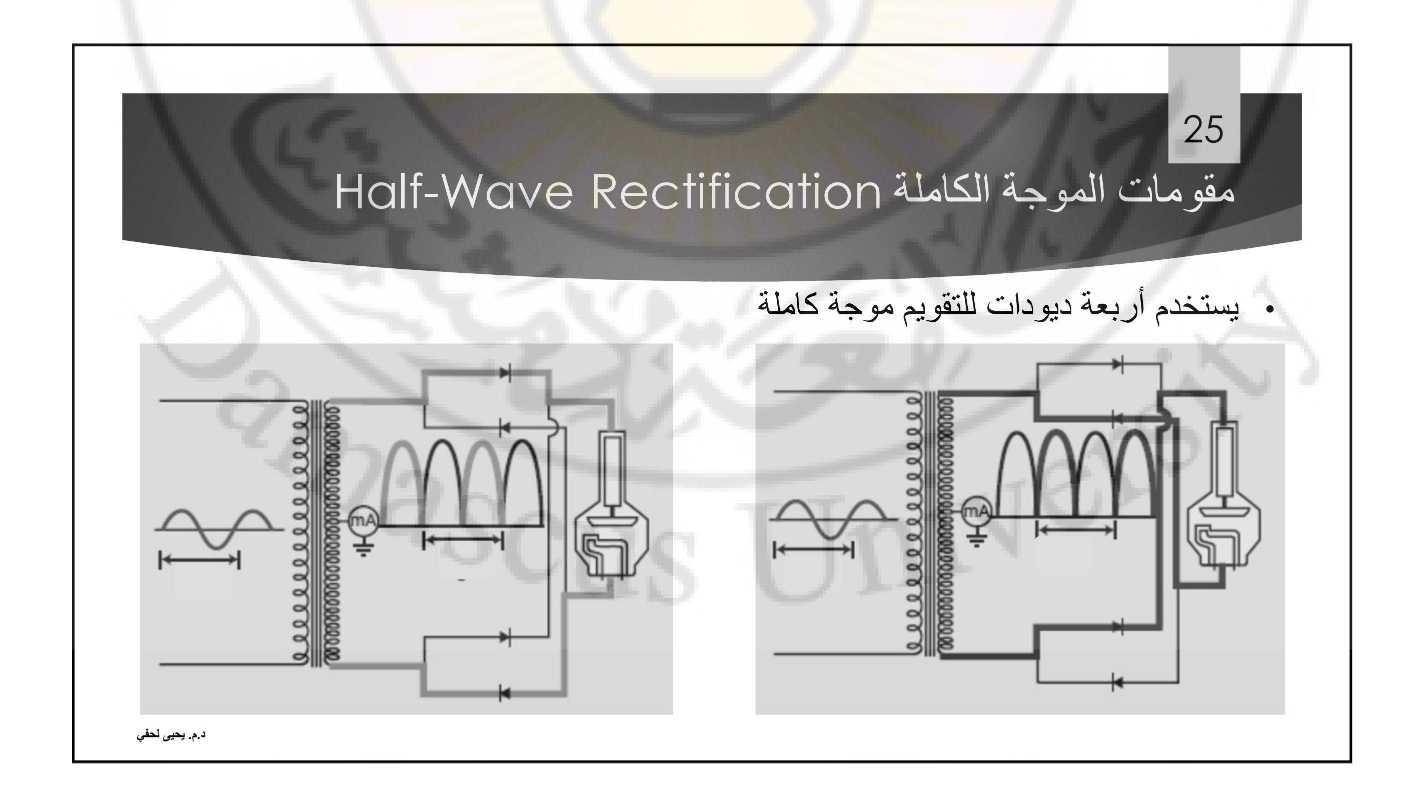
- يعتبر مولد الجهد العالي مسؤولاً عن رفع جهد المحول الذاتي إلى قيمة الجهد kVp الضرورية لانتاج الأشعة السينية
- تكون مكونات مولد الجهد العالي مغمورة بالزيت للتبريد وكذلك للعزل
- يتضمن مولد الجهد العالي: محول الجهد العالي- محول الفتيل- المقوّم

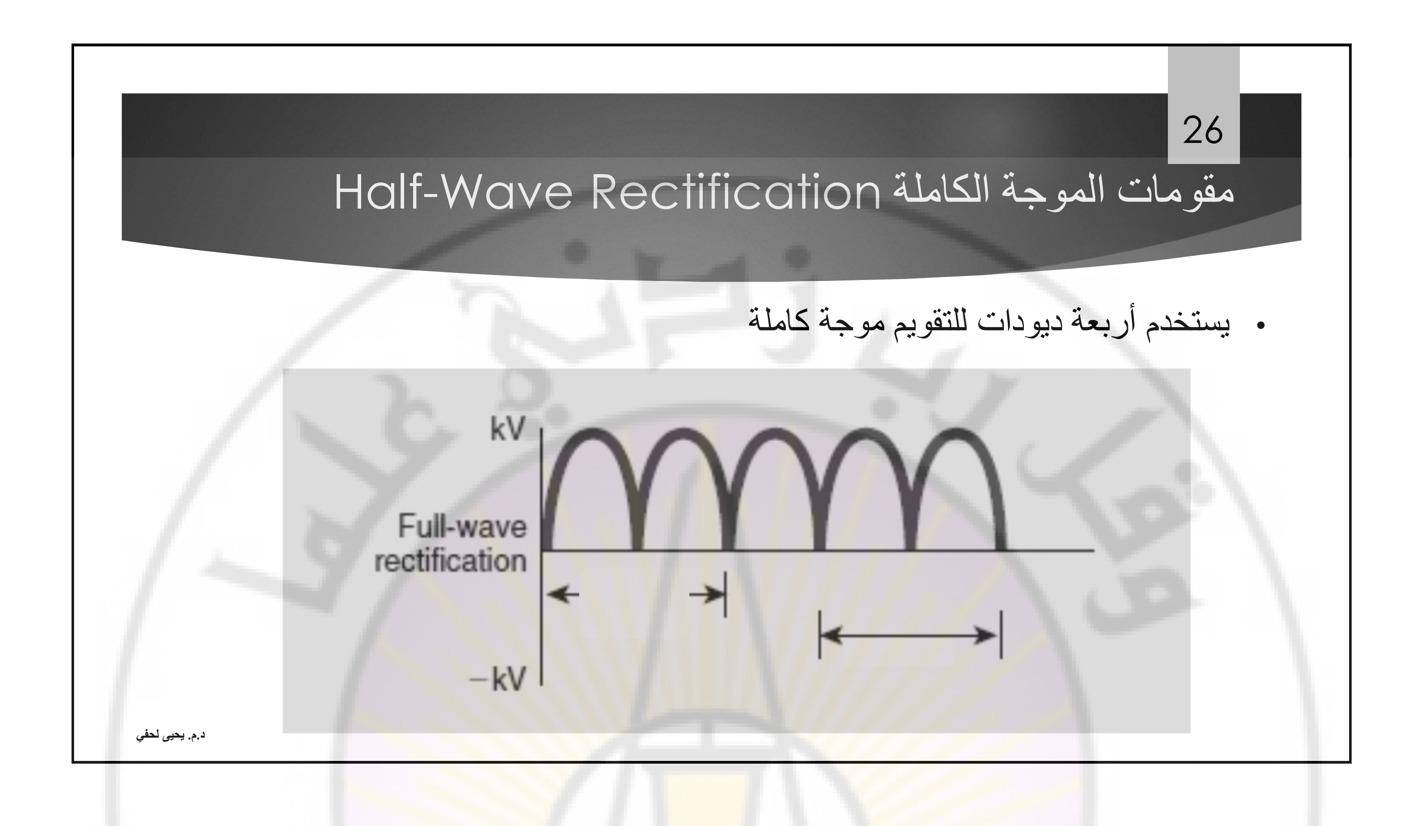
د.م. يحيى لحفي

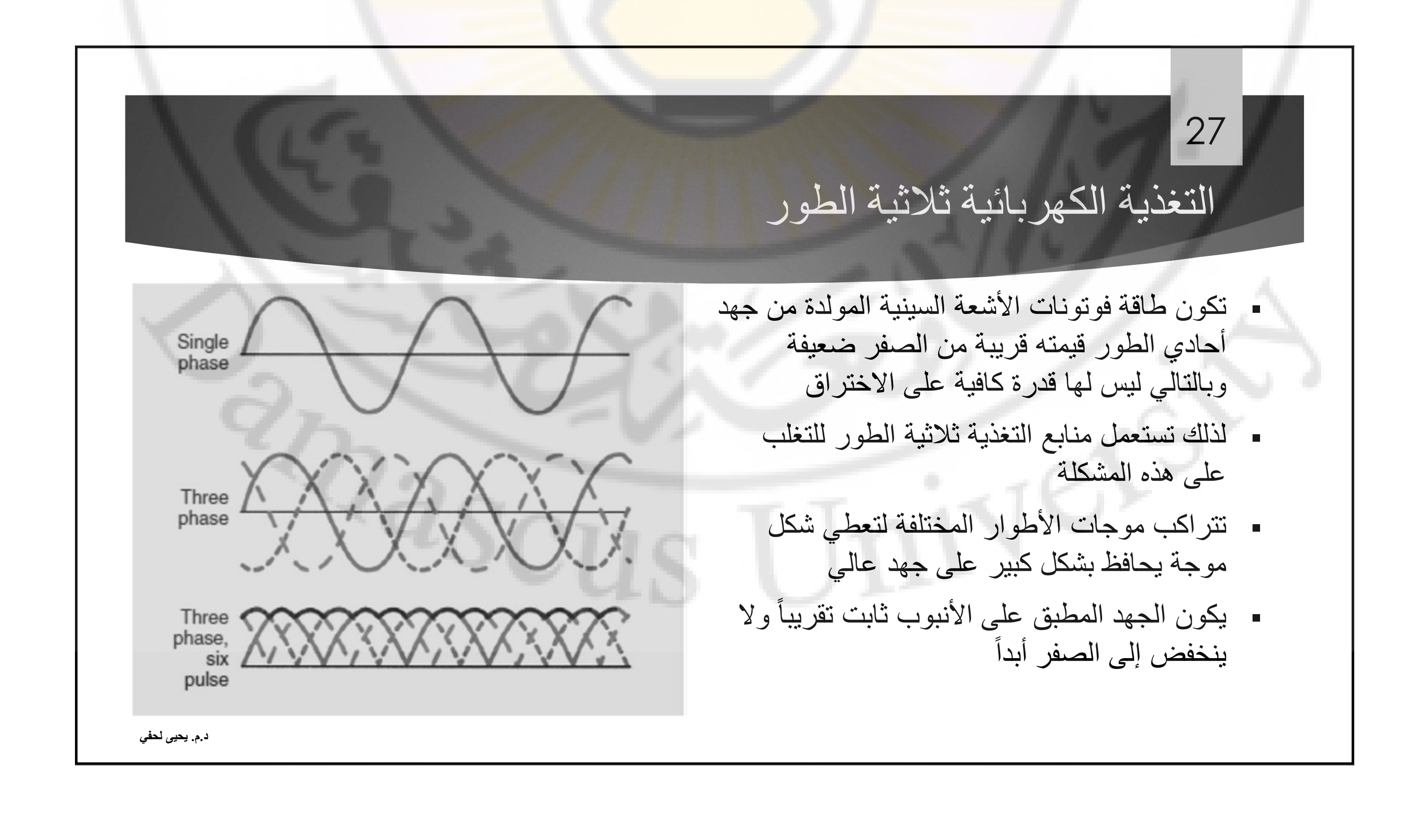

22
محول الجهد العالي
▪ عبارة عن محول رافع للجهد الكهربائي
▪ يتعلق مقدار الجهد الناتج بالنسبة ما بين عدد لفات ملف الخرج وعدد لفات ملف الدخل أو ما يدعى turns ratio
▪ تكون هذه النسبة ما بين 500:1 و 1000:1
▪ الاختلاف الوحيد بين جهد الخرج والدخل هو في مطال الموجة فقط
▪ الجهد الكهربائي متناوب طبعاً
+V
–V
From autotransformer
1/60 s
Primary winding
+kV
–kV
To rectifier
1/60 s
Secondary winding
د.م. يحيى لحفي


23
مقومات الجهد العالي Rectifiers
▪ يحتاج أنبوب الأشعة إلى تيار مستمر DC من أجل تسريع الالكترونات من المهبط لتصطدم بالمصعد وهي عملية غير عكوسة!!
▪ بينما جهد التغذية الأساسي هو متناوب AC
▪ تعرف المقومات بأنها العملية التي نحول فيها التيار المتناوب إلى تيار مستمر وهي تضمن بالتالي انتقال الإلكترونات من المهبط إلى المصعد
▪ تستخدم الديودات النصف الناقلة Solid-state diodes في عملية التقويم
Current
No current
د.م. يحيى لحفي

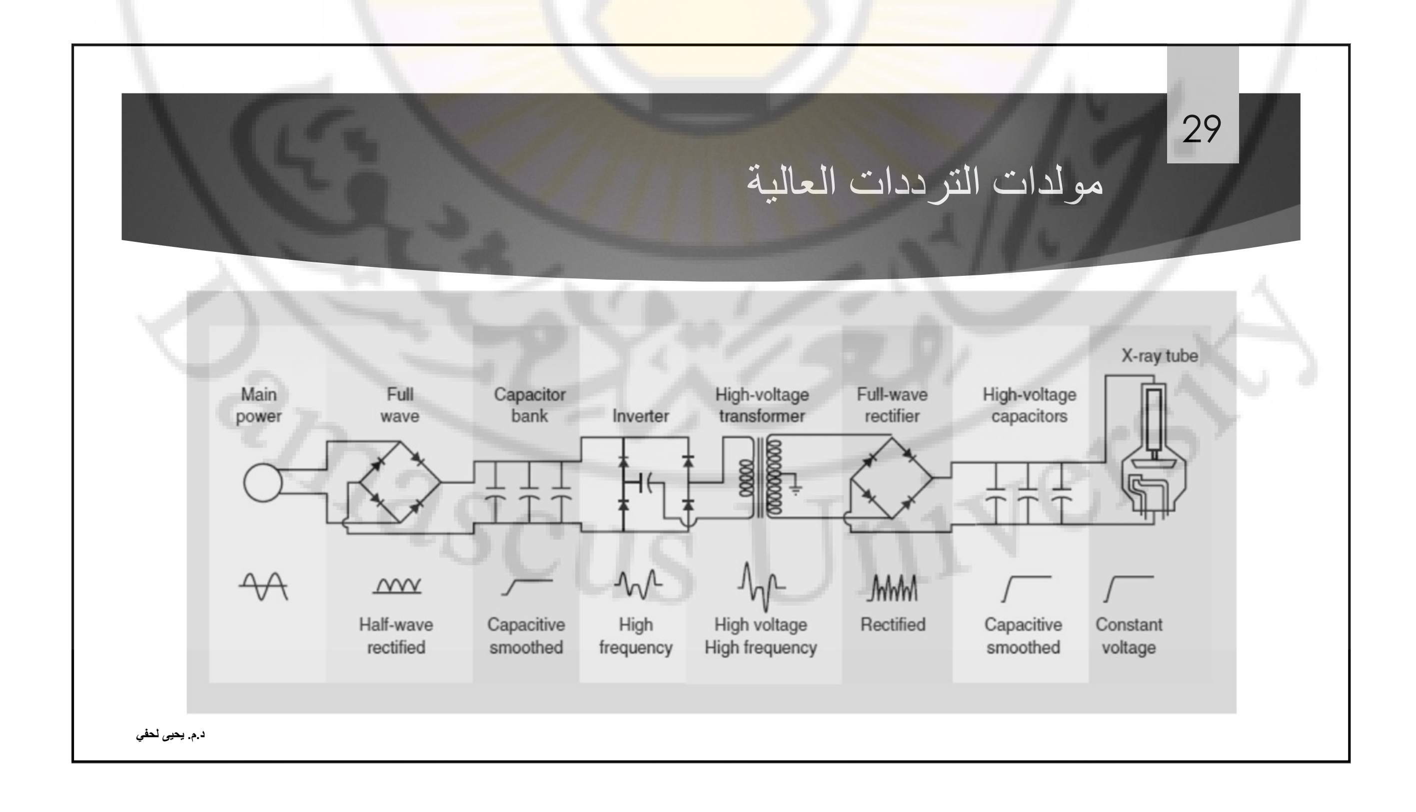

24
مقومات نصف الموجة Half-Wave Rectification
تتم إزالة النبضة السالبة من الموجة باستخدام المقومات نصف الموجة
في بعض أجهزة الأشعة السينية المحمولة والسنية يمكن استخدام الأنبوب بذاته كمقوم وتسمى عندها مقومة ذاتياً
يستخدم للتقويم دايودين أو ديود واحد أو لا شيء
يتم ضياع نصف الطاقة في هذا النوع من التقويم مما يتطلب مضاعفة زمن التعريض
mA
1/50 s
1/50 s
kV
Half-wave rectification
1/100 s
10 ms
−kV
د.م. يحيى لحفي

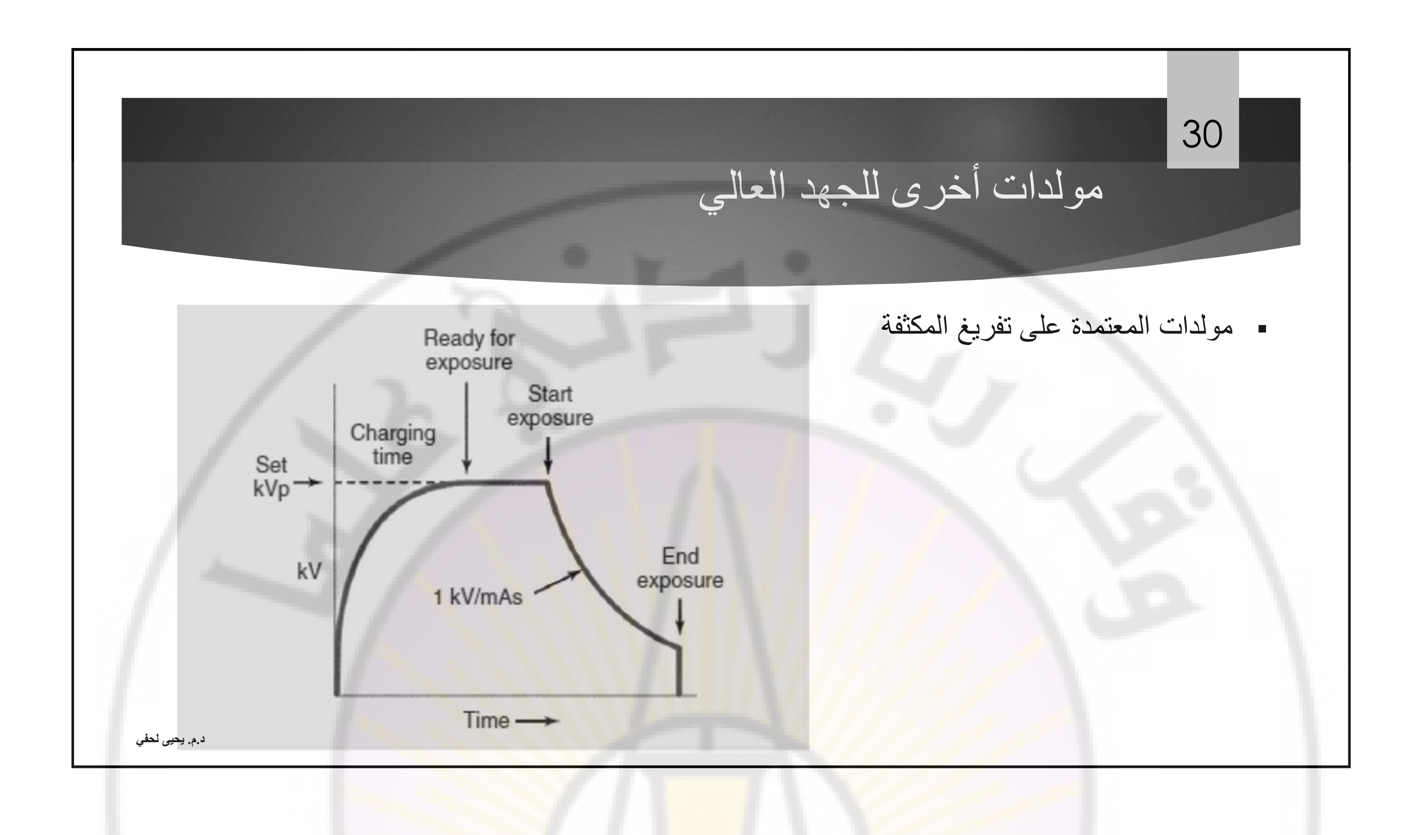

25
مقومات الموجة الكاملة Half-Wave Rectification
يستخدم أربعة ديودات للتقويم موجة كاملة
mA
mA
د.م. يحيى لحفي

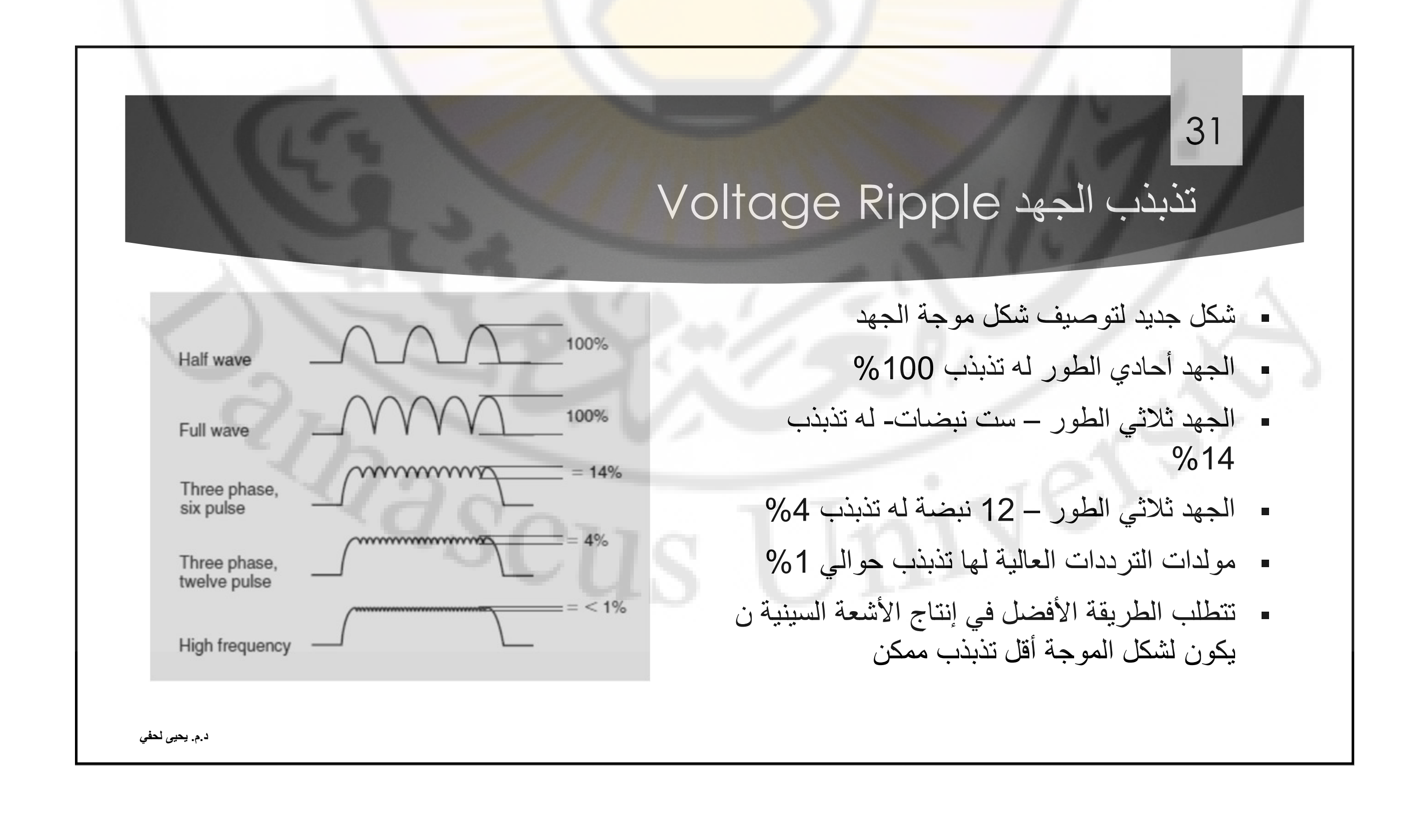

26
مقومات الموجة الكاملة Half-Wave Rectification
• يستخدم أربعة ديودات للتقويم موجة كاملة
kV
Full-wave rectification
−kV
د.م. يحيى لحفي

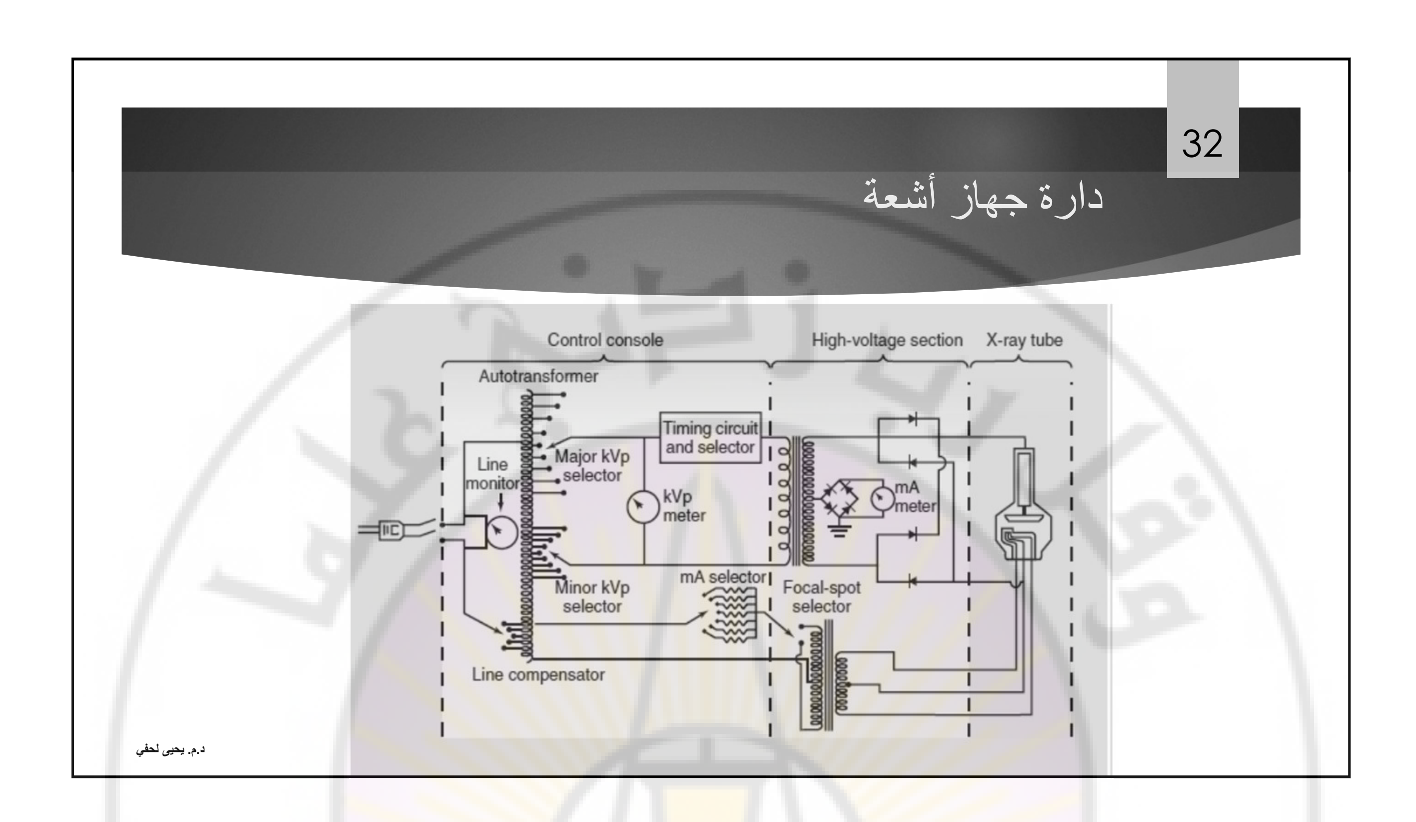

27
التغذية الكهربائية ثلاثية الطور
▪ تكون طاقة فوتونات الأشعة السينية المولدة من جهد أحادي الطور قيمته قريبة من الصفر ضعيفة وبالتالي ليس لها قدرة كافية على الاختراق
▪ لذلك تستعمل منابع التغذية ثلاثية الطور للتغلب على هذه المشكلة
▪ تتراكب موجات الأطوار المختلفة لتعطي شكل موجة يحافظ بشكل كبير على جهد عالي
▪ يكون الجهد المطبق على الأنبوب ثابت تقريباً ولا ينخفض إلى الصفر أبداً
Single phase
Three phase
Three phase, six pulse
د.م. يحيى لحفي


28
مولدات الترددات العالية
▪ يتم تحويل الجهد المقوم بالموجة الكاملة إلى ترددات عالية من 500 حتى 25000 هرتز ومن ثم إعادة تحويلها إلى جهد مرتفع
▪ تتميز هذه المولدات بصغر حجمها
▪ تعتمد على دارات العكس inverters circuits التي تحول الجهد المستمر إلى متتاليات من النبضات المربعة
▪ تولد شكل موجة ثابتة مما تحسن في جودة الصورة وتخفض من جرعة المريض
kV
High
frequency
−kV
High-frequency voltage waveform.
د.م. يحيى لحفي


29
مولدات الترددات العالية
Main
power
Full
wave
Capacitor
bank
Inverter
High-voltage
transformer
Full-wave
rectifier
High-voltage
capacitors
X-ray tube
Half-wave
rectified
Capacitive
smoothed
High
frequency
High voltage
High frequency
Rectified
Capacitive
smoothed
Constant
voltage
د.م. يحيى لحفي


30
مولدات أخرى للجهد العالي
مولدات المعتمدة على تفريغ المكثفة
Ready for exposure
Start exposure
Charging time
Set kVp
kV
1 kV/mAs
End exposure
Time
د.م. يحيى لحفي


31
تذبذب الجهد Voltage Ripple
شكل جديد لتوصيف شكل موجة الجهد
الجهد أحادي الطور له تذبذب 100%
الجهد ثلاثي الطور – ست نبضات- له تذبذب 14%
الجهد ثلاثي الطور – 12 نبضة له تذبذب 4%
مولدات الترددات العالية لها تذبذب حوالي 1%
تتطلب الطريقة الأفضل في إنتاج الأشعة السينية ن يكون لشكل الموجة أقل تذبذب ممكن
Half wave
100%
Full wave
100%
Three phase, six pulse
= 14%
Three phase, twelve pulse
= 4%
High frequency
= < 1%
د.م. يحيى لحفي


32
دارة جهاز أشعة
Control console
High-voltage section
X-ray tube
Autotransformer
Timing circuit and selector
Line monitor
Major kVp selector
kVp meter
mA meter
Minor kVp selector
mA selector
Focal-spot selector
Line compensator
د.م. يحيى لحفي